

**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇELİK HALATLARLA GÜÇLENDİRİLMİŞ DOLGU DUVARLI  
BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ DEPREM  
ANALİZİ**

**İbrahim AKDEMİR**

**HAZİRAN 2011**

**İnşaat Anabilim Dalında** İbrahim AKDEMİR tarafından hazırlanan ÇELİK HALATLARLA GÜÇLENDİRİLMİŞ DOLGU DUVARLI BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ DEPREM ANALİZİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç.Dr Osman YILDIZ

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Yrd.Doç.Dr.Orhan DOĞAN

Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan :Doç.Dr Osman YILDIZ \_\_\_\_\_

Üye (Danışman) :Yrd.Doç.Dr.Orhan DOĞAN \_\_\_\_\_

Üye :Yrd.Doç.Dr.İlker KALKAN \_\_\_\_\_

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof.Dr.İhsan ULUER

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

### ÇELİK HALATLARLA GÜÇLENDİRİLMİŞ DOLGU DUVARLI BETONARME ÇERÇEVE SİSTEMİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ DEPREM ANALİZİ

AKDEMİR, İbrahim

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN

Haziran 2011, 156 sayfa

Betonarme binaların deprem davranışlarının iyileştirilmesi, performans seviyelerinin arttırılması günümüz deprem mühendisliğinin önemli konuları arasındadır. Günümüzde mevcut binaların deprem davranışlarının iyileştirilmesi amacıyla çeşitli şekillerde güçlendirme teknikleri uygulamak mümkündür. Mevcut betonarme binaların deprem performanslarının arttırılması genel olarak, sisteme perde veya çelik diyagonal elemanlar eklenerek binanın rijitliğinin ve dayanımının arttırılması ya da belirli yapısal elemanların mantolanması (beton manto veya çelik sargı gibi) veya fiber takviyeli polimer (FRP) ile güçlendirilmesi sağlanmaktadır. Bu güçlendirme tekniklerinin yanı sıra harici güçlendirme teknikleri de mevcuttur. Harici güçlendirmede bütün uygulama bina dışında yapılacağından yapıyı kullananların günlük yaşamları çok az etkilenmekte ve uygulama çok hızlı gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, bu güçlendirme sisteminin, betonarme perde uygulaması gibi diğer dahili güçlendirme tekniklerine göre bir üstünlüğü yapının kütlelerinin diğerlerine göre çok daha az miktarda arttırılmasıdır.

Bunun sonucu olarak yapı üzerine gelen deprem yükleri diğer takviye tekniklerinden daha az olacak, temellerin takviye maliyetleri de daha düşük olacaktır.

Bu sebeple bu çalışmada bina sistemlerinin güçlendirilmesi amacıyla harici çelik halat elemanlarla dolgu duvarların etkisi de dikkate alınarak güçlendirilmiş ve Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemiyle SAP2000 programı ile analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda çelik halatlarla güçlendirilmiş betonarme binanın performansı

incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. SAP2000 programı kullanılarak yapılmış olan çalışmada betonarme binaların güçlendirilmesinde çelik halat elemanların kullanılması oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Elde edilen sonuçlara göre binaların dayanımının arttırılarak deprem davranışlarının iyileştirilmesinde olumlu katkısının olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Betonarme, onarım, güçlendirme, çerçeve, çelik, sonlu elemanlar, çelik halat, düzgün yayılı yük, mantolama.

## **ABSTRACT**

### **EARTHQUAKE ANALYSIS WITH COMPUTER PROGRAM OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURE WITH INFILL WALL THAT IS REINFORCED BY STEEL CABLES**

AKDEMİR, İbrahim

Kırıkkale University

Institute of Science and Technology

Department of Civil Eng., M.Sc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Orhan DOĞAN

June 2011, 156 pages

Improvement of seismic behavior and to increase performance levels of reinforced concrete buildings, are among the important issues of today's earthquake engineering. Nowadays, it is possible to apply variety of strengthening techniques in order to improve the behavior of seismic response of existing buildings. Increasing the earthquake performance of existing reinforced concrete buildings can be generally provided by reinforced concrete wall or adding diagonal elements to the system in order to increase strength and rigidity of the building or jacketing of specific structural elements (concrete or steel coil, such as mantle) or strengthening of building with fiber-reinforced polymer (FRP). In addition to these techniques, there are also external reinforcement techniques. During external strengthening, all applications are carried out outside the building, so applications have very little influence on daily life of building residences and the process is performed very quickly. In addition, this strengthening system has an advantage with respect to other internal strengthening techniques that is the less increase in the mass of the building.

Therefore, the earthquake loads on the building will be lesser than other strengthening techniques and the strengthening cost of foundations decreases.

Therefore, in this study in order to strengthening the building systems, it was reinforced by external steel cable elements while taking the effect of fill walls into account and the system has been analyzed by Equivalent Earthquake Load

method with SAP2000 analysis program. As a result of this analysis, the performance reinforced concrete building strengthening by steel cables was investigated and the results were compared. This study using SAP2000 program shows that the use of steel cable elements in the strengthening of reinforced concrete buildings is very effective and gave us very good results.

Finally, according to the results obtained, the increase in the resistance of a building has a positive effect on the improvement of seismic response of that structure.

**Key Words:** Concrete, repair, strengthening, frame, steel, finite elements, steel cable, uniformly distributed load, mantle.

Anneme

## **TEŞEKKÜR**

Tez alıőmasında değerli fikir ve ynlendirmeleriyle yardımcı olan hocam Sayın Yrd. Doç. Dr Orhan DOĞAN'a bugünkü bilgi seviyesine ulaőmama katkısı bulunan tüm ğretim elemanlarına, Dr.Őule BAKIRCI ER hocama, desteğini esirgemeyen Sayın Müdürüm Cevdet CANPOLAT'a, eőim Elif AKDEMİR ve kızım Ayőe Sena AKDEMİR'e teşekkür ederim.



# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	vi
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xiv
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xvii
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	xx
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Kaynak Özetleri.....	2
1.2. Çalışmanın Amaçı.....	5
<b>2.MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	7
2.1. Genel.....	7
2.1.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007).....	7
2.1.1.1. Analiz Yöntemleri.....	7
2.1.1.2. Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik Analiz).....	7
2.1.1.3. Mod Birleştirme Yöntemi (Spektrum Analiz).....	8
2.1.1.4. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi.....	8
2.1.2. SAP2000 Programı ile Sistem Modelinin Oluşturulması.....	8
2.1.2.1. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması.....	9
2.1.2.2. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması.....	9
2.1.2.3. Yüklerin Tanımlanması.....	9
2.1.2.4. Çözüm (Analiz).....	10
2.1.2.5. Boyutlandırma.....	10
2.2. Yapılarda Düzensizlik Durumlarının İncelenmesi.....	10
2.2.1. Planda Düzensizlikler.....	11
2.2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlikler.....	12
2.3. Çok Katlı Yapılarda Plan Geometrisi.....	12
2.3.1. Simetrik Yapılar.....	12

2.3.2. Simetrik Davranışlı Yapılar .....	13
2.4. Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi .....	16
2.5. Yatay Yer değiştirmelerin Hesabı.....	17
2.6. Yapı Sistemleri Serbestlik Dereceleri .....	17
2.6.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler .....	18
2.6.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler .....	20
2.7. Diyafram .....	21
2.7.1. Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışan Yapılar.....	21
2.7.2. Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışmayan Yapılar .....	22
2.8. Analiz Yöntemleri .....	24
2.8.1. Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi.....	24
2.8.1.1. Eş Değer Deprem Yüğü Yönteminin Adımları .....	25
<b>3. ARAşTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>36</b>
3.1. Model-1 Mevcut Durum (Boş Çerçeve) .....	38
3.1.1. Model-1 Mevcut Durum (Boş Çerçeve) .....	39
3.1.1.1 Bina Bilgileri.....	41
3.1.1.2 Deprem Bilgileri .....	41
3.1.1.3 Kat Ağırlıkları ve Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı .....	41
3.1.1.4 Fiktif Kat Yüğülerinin Hesabı.....	42
3.1.1.5 Modal Analiz ile Bina Periyodunun Hesabı ve Toplam Eş Değer Deprem Yüğü Hesabı.....	42
3.1.1.6 Eş Değer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı.....	43
3.1.1.7 Görelİ Kat Ötelenmelerinin Kontrolü .....	46
3.1.1.8 Bina Periyotları.....	46
3.1.1.9 Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler.....	47
3.2. Model-2 Betonarme Perde ile Güçlendirilmiş Durum .....	47
3.2.1. Model-2 Betonarme Perde ile Güçlendirilmiş Durum.....	47
3.2.1.1 Bina Bilgileri.....	48
3.2.1.2 Deprem Bilgileri .....	48
3.2.1.3 Kat Ağırlıkları ve Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı .....	48
3.2.1.4 Fiktif Kat Yüğülerinin Hesabı.....	49
3.2.1.5 Modal Analiz ile Bina Periyodunun Hesabı ve Toplam Eş Değer Deprem Yüğü Hesabı.....	50

3.2.1.6 Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı.....	51
3.2.1.7 Görelî Kat Ötelenmelerinin Kontrolü .....	52
3.2.1.8 Bina Periyotları.....	52
3.2.1.9 Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler.....	53
3.3. Model-3 Tüm Dış Akslar Çelik Halatlarla Güç.Durum .....	53
3.3.1. Model-3 Tüm Dış Akslar Çelik Halatlarla Güç.Durum (Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm).....	54
3.3.1.1 Bina Bilgileri.....	54
3.3.1.2 Deprem Bilgileri .....	55
3.3.1.3 Kat Ağırlıkları ve Hareketli Yük Katılım Katsayısı .....	55
3.3.1.4 Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı.....	56
3.3.1.5 Modal Analiz ile Bina Periyodunun Hesabı ve Toplam Eş Değer Deprem Yüğü Hesabı.....	56
3.3.1.6 Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı.....	57
3.3.1.7 Güçlendirmede Kullanılacak Halatların İsisal Genleşme Hesabı .....	58
3.3.1.8 Görelî Kat Ötelenmelerinin Kontrolü .....	59
3.3.1.9 Bina Periyotları.....	59
3.3.1.10 Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler.....	60
3.4. Model-4 Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güç.Durum .....	64
3.4.1. Model-4 Aks Atlanarak(Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiğı Durum (Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm).....	65
3.4.1.1 Bina Bilgileri.....	65
3.4.1.2 Deprem Bilgileri .....	65
3.4.1.3 Kat Ağırlıkları ve Hareketli Yük Katılım Katsayısı .....	66
3.4.1.4 Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı.....	66
3.4.1.5 Modal Analiz ile Bina Periyodunun Hesabı ve Toplam Eş Değer Deprem Yüğü Hesabı.....	67
3.4.1.6 Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı.....	67
3.4.1.7 Görelî Kat Ötelenmelerinin Kontrolü .....	69
3.4.1.8 Bina Periyotları.....	69
3.4.1.9 Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler.....	70
3.5. Model-5 Dolgu Duvar ve Çelik Halatın Beraber Düşünüldüğü Durum	74

3.5.1. Dolgu Duvarın Modellenmesi .....	75
3.5.2. Model-5/A-1 Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Tüm Dış Akşlar Çelik Halatlı Durum .....	77
3.5.2.1 Model-5/A-1 Tuğla Duvar Rijitlik Azaltmadan ve Tüm Dış Akşlar Çelik Halatlı Durum (Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm)....	78
3.5.2.1.1 Bina Bilgileri.....	78
3.5.2.1.2 Deprem Bilgileri .....	79
3.5.2.1.3 Kat Ağırlıkları ve Hareketli Yük Katılım Katsayısı ....	79
3.5.2.1.4 Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı.....	80
3.5.2.1.5 Modal Analiz ile Bina Periyodunun Hesabı ve Toplam Eş Değer Deprem Yükü Hesabı .....	80
3.5.2.1.6 Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı.....	81
3.5.2.1.7 Göreli Kat Ötelenmelerinin Kontrolü .....	82
3.5.2.1.8 Bina Periyotları .....	83
3.5.2.1.9 Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler.....	83
3.5.3. Model-5/A-2 Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Tüm Dış Akşlar Çelik Halatlı Durum .....	87
3.5.4. Model-5/B-1 Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Aks atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum.....	87
3.5.5. Model-5/B-2 Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Aks atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum.....	91
3.6. Model-6/A-1 Gazbeton Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Tüm Dış Akşlar Çelik Halatlı Durum .....	91
3.6.1. Model-6/A-1 Gazbeton Duvar Rijitlik Azaltmadan ve Tüm Dış Akşlar Çelik Halatlı Durum (Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm).....	92
3.6.1.1 Bina Bilgileri.....	92
3.6.1.2 Deprem Bilgileri .....	92
3.6.1.3 Kat Ağırlıkları ve Hareketli Yük Katılım Katsayısı .....	93
3.6.1.4 Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı.....	94
3.6.1.5 Modal Analiz ile Bina Periyodunun Hesabı ve Toplam Eş Değer Deprem Yükü Hesabı .....	94
3.6.1.6 Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı.....	95
3.6.1.7 Göreli Kat Ötelenmelerinin Kontrolü .....	96

3.6.1.8 Bina Periyotları.....	97
3.6.1.9 Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler.....	97
3.6.2. Model-6/A-2 Gazbeton Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Tüm Dış Akklar Çelik Halatlı Durum.....	101
3.6.3. Model-6/B-1 Gazbeton Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Aks atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum	101
3.6.4. Model-6/B-2 Gazbeton Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Aks atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum	105
3.7. Model-7/A-1 Bims Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Tüm Dış Akklar Çelik Halatlı Durum .....	105
3.7.1. Model-7/A-1 Bims Duvar Rijitlik Azaltmadan ve Tüm Dış Akklar Çelik Halatlı Durum (Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm).....	105
3.7.1.1 Bina Bilgileri.....	106
3.7.1.2 Deprem Bilgileri .....	106
3.7.1.3 Kat Ağırlıkları ve Hareketli Yük Katılım Katsayısı .....	106
3.7.1.4 Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı.....	107
3.7.1.5 Modal Analiz ile Bina Periyodunun Hesabı ve Toplam Eş Değer Deprem Yüğü Hesabı .....	108
3.7.1.6 Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı .....	108
3.7.1.7 Göreli Kat Ötelenmelerinin Kontrolü .....	110
3.7.1.8 Bina Periyotları.....	110
3.7.1.9 Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler .....	111
3.7.2. Model-7/A-2 Bims Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Tüm Dış Akklar Çelik Halatlı Durum .....	115
3.7.3. Model-7/B-1 Bims Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Aks atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum.....	115
3.7.4. Model-7/B-2 Bims Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Aks atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum.....	119
3.8. Model-8 Rijitliği Azaltılan Tuğla Dolgu Duvarlı Betonarme Binaya Hatıl Eklenerek Performansının İncelenmesi .....	119
<b>4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>124</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>136</b>

EK-1. Göreli kat ötelenmeleri (Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu) .....	139
EK-2. Bina periyotları (Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu).....	140
EK-3. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler (Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu) .....	141
EK-4. Göreli kat ötelenmeleri (Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş).....	142
EK-5. Bina periyotları (Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) .....	143
EK-6. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler (Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş).....	144
EK-7. Göreli kat ötelenmeleri (Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu) .....	145
EK-8. Bina periyotları (Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu).....	146
EK-9. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler (Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu) .....	147
EK-10. Göreli kat ötelenmeleri (Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş).....	148
EK-11. Bina periyotları (Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş) .....	149
EK-12. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler (Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş).....	150
EK-13. Göreli kat ötelenmeleri (Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu) .....	151
EK-14. Bina periyotları (Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu).....	152
EK-15. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler (Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu).....	153
EK-16. Göreli kat ötelenmeleri (Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş).....	154

EK-17. Bina periyotları (Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş) .....	155
EK-18. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler (Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş).....	156

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Simetrik Yapılar .....	12
2.2. Simetrik Davranışlı Yapılar.....	13
2.3. Simetrik Davranışlı Yapılarda Perde Yerleştirilmesi .....	14
2.4. Simetrik Davranışlı Perdeleri Olan Yapılar.....	14
2.5. Simetrik Olmayan Yapılar.....	15
2.6. Merkezi Simetrisi Olmayan Yapılar.....	15
2.7. Kütlelerin Bir Noktada ve Rijitliğin Bir Elemanda Toplanması .....	18
2.8. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler için Model Gösterimi .....	19
2.9. Rijit Diyafram Modeli .....	22
2.10. Keskin Köşelerde Çatlaklar.....	23
2.11. Fiktif Yükler ve Yer Değiştirmeleri.....	25
2.12. Tasarım İvme Spektrumu Grafiği.....	30
2.13. Kat Hizalarına Etkiyen Eş Değer Deprem Yükleri .....	32
2.14. Kaydırılmış Kütle Merkezleri .....	33
3.1. Modellere ait Kat Planı .....	36
3.2. 4 Katlı Binanın SAP2000 Modeli .....	37
3.3. Model-1 ait Yarım Tablalı Kesit.....	39
3.4. Model-1 ait Tam Tablalı Kesit .....	39
3.5. Modellere ait Döşemelerden Kirişlere Gelen Yükler.....	40
3.6. Model-1 ait Kaydırılmış Kütle Merkezi .....	44
3.7. Model-1 ait Kat Planı .....	44
3.8. Model-1 ait Katlara Etkiyen Deprem Kuvveti .....	45
3.9. Model-2 ait Katlara Etkiyen Deprem Kuvveti .....	52
3.10. Tüm Dış Akslar Çelik Halatla Güçlendirildiği Durum(Model-3) .....	53
3.11. Çelik için Gerilme-Şekil Değiştirme Bağlantısı.....	59
3.12. Model-3 ait Katlara Etkiyen Deprem Kuvveti.....	60
3.13. Göreli Kat Ötelenmeleri (Tüm Dış Akslar Kablolu).....	61
3.14. Bina Periyotları (Tüm Dış Akslar Kablolu) .....	62
3.15. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler (Tüm Dış Akslar Kablolu) .....	63



3.16. Akslar Atlanarak(Dolu-Boş) Çelik Halatla Güçlendirildiği Durum(Model-4)	64
3.17. Model-4 ait Katlara Etkiyen Deprem Kuvveti.....	69
3.18. Görelî Kat Ötelenmeleri (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Sadece Kablolu).....	71
3.19. Bina Periyotları (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Sadece Kablolu).....	72
3.20. Binada Oluşan Maksimum iç kuvvetler(Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Sadece Kablolu) .....	73
3.21. Açıklık Yüzdesi (%) ile Rijitlik Azaltma Faktörü( $\lambda_{\text{grafik}}$ ) Arasındaki İlişki.	74
3.22. Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğun Geometrisi .....	76
3.23. Eşdeğer Sanal Basınç Çubuğu ve Kablo (Model-5) .....	77
3.24. Model-5/A-1 ait Katlara Etkiyen Deprem Kuvveti .....	82
3.25. Görelî Kat Ötelenmeleri (Sola Yatık Tuğla (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Tüm Dış Akslar Kablolu) .....	84
3.26. Bina Periyotları (Sola Yatık Tuğla (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Tüm Dış Akslar Kablolu) .....	85
3.27. Binada Oluşan Maksimum iç kuvvetler (Sola Yatık Tuğla (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Tüm Dış Akslar Kablolu).....	86
3.28. Görelî Kat Ötelenmeleri (Sola Yatık Tuğla (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) .....	88
3.29. Bina Periyotları (Sola Yatık Tuğla (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) .....	89
3.30. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler (Sola Yatık Tuğla (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) ....	90
3.31. Model-6/A-1 ait Katlara Etkiyen Deprem Kuvveti .....	96
3.32. Görelî Kat Ötelenmeleri (Sola Yatık Gazbeton (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Tüm Dış Akslar Kablolu).....	98
3.33. Bina Periyotları (Sola Yatık Gazbeton (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Tüm Dış Akslar Kablolu) .....	99
3.34. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler (Sola Yatık Gazbeton (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Tüm Dış Akslar Kablolu)....	100
3.35. Görelî Kat Ötelenmeleri (Sola Yatık Gazbeton (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) .....	102
3.36. Bina Periyotları (Sola Yatık Gazbeton (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) .....	103

3.37. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler (Sola Yatık Gazbeton (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) ..	104
3.38. Model-7/A-1 ait Katlara Etkiyen Deprem Kuvveti .....	110
3.39. Görelî Kat Ötelenmeleri (Sola Yatık Bims (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Tüm Dış Akslar Kablolu) .....	112
3.40. Bina Periyotları (Sola Yatık Bims (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Tüm Dış Akslar Kablolu) .....	113
3.41. Binada Oluşan Maksimum iç kuvvetler (Sola Yatık Bims (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Tüm Dış Akslar Kablolu)....	114
3.42. Görelî Kat Ötelenmeleri (Sola Yatık Bims (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) .....	116
3.43. Bina Periyotları (Sola Yatık Bims (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) .....	117
3.44. Binada Oluşan Maksimum iç kuvvetler (Sola Yatık Bims (Rijitlik Azaltmadan) Sanal Çapraz+Sağa Yatık Kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş) ..	118
3.45. Modellere ait Görelî Kat Ötelenmeleri .....	125
3.46. Görelî Kat Ötelenmelerindeki Azalmanın Grafîksel Gösterimi .....	127
3.47. Modellere ait Bina Periyotları.....	128
3.48. Bina Periyotlarındaki Azalmanın Grafîksel Gösterimi.....	131
3.49. Modellere ait Taban Kesme Kuvvetleri.....	132
3.50. Dolgu Duvar İçinde Kapı ve Pencere Yerleri.....	134

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Yapılarda Oluşabilecek Planda ve Düzey Doğrultuda Düzensizlik Durumları	11
2.2. Eş Değer Deprem Yükünün Uygulanabileceği Binalar .....	24
2.3. Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) .....	27
2.4. Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ ) .....	28
2.5. Bina Önem Katsayısı ( I ) .....	28
2.6. Spektrum Karakteristik Periyotları ( $T_A$ , $T_B$ ) .....	29
2.7. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı ( R ) .....	31
3.1. Kolon Boyutları .....	36
3.2. Modellerde Kullanılan Malzemeler .....	38
3.3. Model-1 'e ait Döşeme Yükleri .....	38
3.4. Model-1 'e ait Döşeme Hareketli Yük Artırma Katsayıları .....	41
3.5. Model-1 'e ait Kat Ağırlıkları .....	42
3.6. Model-1 'e ait Fiktif Yüklerin Hesabı .....	42
3.7. Model-1 'e ait Deprem Kuvveti Yönleri ve Dış Merkezlik .....	44
3.8. Model-1'e ait Eş Değer Kat Deprem Yükleri .....	45
3.9. Model-1'e ait Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü .....	46
3.10. Model-1'e ait Bina Periyotları .....	46
3.11. Model-1 'e ait Maksimum İç Kuvvetler .....	47
3.12. Model-2 'e ait Döşeme Yükleri .....	47
3.13. Model-2 'e ait Döşeme Hareketli yük Artırma Katsayıları .....	49
3.14. Model-2 'e ait Kat Ağırlıkları .....	49
3.15. Model-2 'e ait Fiktif Yüklerin Hesabı .....	49
3.16. Model-2'e ait Eş Değer Kat Deprem Yükleri .....	51
3.17. Model-2'e ait Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü .....	52
3.18. Model-2'e ait Bina Periyotları .....	52
3.19. Model-2 'e ait Maksimum İç Kuvvetler .....	53
3.20. Model-3 'e ait Döşeme Yükleri .....	54
3.21. Model-3 'e ait Döşeme Hareketli yük Artırma Katsayıları .....	55
3.22. Model-3 'e ait Kat Ağırlıkları .....	55

3.23. Model-3 'e ait Fiktif Yüklerin Hesabı .....	56
3.24. Model-3'e ait Eş Değer Kat Deprem Yükleri .....	57
3.25. Model-3'e ait Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü .....	59
3.26. Model-3'e ait Bina Periyotları .....	60
3.27. Model-3 'e ait Maksimum İç Kuvvetler .....	60
3.28. Model-4 'e ait Döşeme Yükleri .....	64
3.29. Model-4 'e ait Döşeme Hareketli yük Artırma Katsayıları .....	66
3.30. Model-4 'e ait Kat Ağırlıkları .....	66
3.31. Model-4 'e ait Fiktif Yüklerin Hesabı .....	66
3.32. Model-4'e ait Eş Değer Kat Deprem Yükleri .....	68
3.33. Model-4'e ait Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü .....	69
3.34. Model-4'e ait Bina Periyotları .....	69
3.35. Model-4 'e ait Maksimum İç Kuvvetler .....	70
3.36. Model-5/A-1 'e ait Döşeme Yükleri .....	78
3.37. Model-5/A-1 'e ait Döşeme Hareketli yük Artırma Katsayıları .....	79
3.38. Model-5/A-1 'e ait Kat Ağırlıkları.....	79
3.39. Model-5/A-1 'e ait Fiktif Yüklerin Hesabı .....	80
3.40. Model-5/A-1'e ait Eş Değer Kat Deprem Yükleri.....	81
3.41. Model-5/A-1'e ait Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü .....	82
3.42. Model-5/A-1'e ait Bina Periyotları.....	83
3.43. Model-5/A-1 'e ait Maksimum İç Kuvvetler .....	83
3.44. Model-6/A-1 'e ait Döşeme Yükleri .....	92
3.45. Model-6/A-1 'e ait Döşeme Hareketli yük Artırma Katsayıları .....	93
3.46. Model-6/A-1 'e ait Kat Ağırlıkları.....	93
3.47. Model-6/A-1 'e ait Fiktif Yüklerin Hesabı .....	94
3.48. Model-6/A-1'e ait Eş Değer Kat Deprem Yükleri.....	95
3.49. Model-6/A-1'e ait Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü .....	96
3.50. Model-6/A-1'e ait Bina Periyotları.....	97
3.51. Model-6/A-1 'e ait Maksimum İç Kuvvetler .....	97
3.52. Model-7/A-1 'e ait Döşeme Yükleri .....	105
3.53. Model-7/A-1 'e ait Döşeme Hareketli yük Artırma Katsayıları .....	107
3.54. Model-7/A-1 'e ait Kat Ağırlıkları.....	107
3.55. Model-7/A-1 'e ait Fiktif Yüklerin Hesabı .....	107

3.56. Model-7/A-1'e ait Eş Değer Kat Deprem Yükleri.....	109
3.57. Model-7/A-1'e ait Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü .....	110
3.58. Model-7/A-1'e ait Bina Periyotları.....	110
3.59. Model-7/A-1'e ait Maksimum İç Kuvvetler .....	111
3.60. Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltmadan) Binada Meydana Gelen Görelî Kat Ötelenmeleri, Periyotlar ve Maksimum İç Kuvvetler.....	119
3.61. Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltarak) + Hatıllı Binada Meydana Gelen Görelî Kat Ötelenmeleri, Periyotlar ve Maksimum İç Kuvvetler.....	120

## SİMGELER DİZİNİ

$A_{\text{boşluk}}$ :	Dolgu duvarda bulunan boşlukların alanları toplamı
$A(T)$ :	Spektral ivme katsayısı
$A_0$ :	Etkin yer ivmesi katsayısı
$E_{\text{me}}$ :	Elastisite modülü (Dolgu duvar için)
$E_{\text{fe}}$ :	Elastisite modülü (Çerçeve)
$g$ :	Yerçekimi ivmesi
$H$ :	Kat yüksekliği
$h_{\text{col}}$ :	Dolgu duvar yüksekliği
$h_{\text{inf}}$ :	Net duvar yüksekliği
$R_a$ :	Deprem yükü azaltma katsayısı
$n$ :	Hareketli yük katılım katsayısı
$I_{\text{col}}$ :	Kolonların atalet momentleri
$r_{\text{inf}}$ :	Diagonal uzunluğu
$T_A, T_B$ :	Spektrum katsayısı
$\varepsilon$ :	Şekil değiştirme
$w$ :	Eş değer sanal basınç çubuğu genişliği
$\lambda$ :	Dolgu ile çerçevenin rijitlik parametresi
$\lambda_{\text{grafik}}$ :	Rijitlik azaltma faktörü
$\theta$ :	Eşdeğer sanal basınç çubuğun yatayla yaptığı açı
$V_t$ :	Taban kesme kuvveti

## 1.GİRİŞ

Ülkemizin büyük bir kısmı deprem riski bakımından önem arz etmektedir. Bu nedenle mevcut binaların olası depremlere karşı güçlendirilmesi özellikle son yıllarda yaşanan Marmara depreminden sonra önemini artırmıştır. Yapılara pek çok güçlendirme teknikleri uygulanmaktadır. Bunlar perde eklemek, kolon ve kirişleri mantolamak, hatta karbon kumaşlarla güçlendirmeye kadar çeşitli güçlendirme tekniklerini içermektedir. Yapılara çelik çaprazlar eklemek suretiyle yapılan güçlendirme tekniğinin laboratuvar çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmada yapılan çalışmalardan farklı olarak yeni bir güçlendirme tekniği modellenerek incelenmiştir.

Bu çalışmadaki güçlendirmede kullanılan elemanlar çelik halatlardır. Bilindiği gibi çelik halatlar çekme alan basınç almayan elemanlardır. Bu elemanların modellenmesinde bu faktöre dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca yapılan hesaplamalarda dolgu duvarların yapının deprem davranışına katkısı sadece ağırlık olarak dikkate alınmakta, bilgisayar programlarında rijitlikler ve deprem kuvvetlerinden gerçekte aldığı paylar düşünülmemektedir. Bu çalışmada, dolgu duvarların da taşıma gücüne katkıları dikkate alınmıştır.

Son yıllarda ülkemizde ve dünyada yaşanan depremler, mevcut binaların güçlendirilmesi konusunu önemli hale getirmiştir. Her geçen gün önemi artan bu konu ile ilgili gelişmeler yapılan araştırmalarla doğru orantılıdır. Binaların dayanımlarının artırılarak deprem performanslarının iyileştirilmesi için çeşitli uygulamalar literatürde mevcuttur. Fakat çelik halat elemanlarla güçlendirme konusunda çalışma bulunmamaktadır.

Betonarme binaların harici çelik halat elemanlarla güçlendirilmesi, detaylandırılması ve projelendirilmesi açısından gelişen teknoloji ile birlikte mümkün hale gelmiştir. Sağladığı deprem kapasitesi artışı göz önüne alındığında diğer güçlendirme yöntemlerinin yanında maliyetinin de uygun olacağı anlaşılmaktadır.

SAP2000 programı kullanılarak yapılmış olan çalışmada betonarme binaların güçlendirilmesinde çelik halat elemanların kullanılması oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Elde edilen sonuçlara göre binaların dayanımının artırılarak deprem davranışlarının iyileştirilmesinde olumlu katkısının olduğu görülmüştür.

Betonarme binaların güçlendirilmesinde çelik halat elemanların kullanımında dikkat edilmesi gerekli olan önemli bir husus çerçeve modelinde, kolon-kiriş ve halat birleşimlerin tam ve doğru olarak modellenmesidir. Birleşim noktasının bilgisayar programında nasıl modelleneceği çok önemlidir. Birleşimin tanımlanması sırasında düğüm noktasının karakteristik davranışı tam olarak temsil edilmelidir.

Ayrıca bu tez çalışması kapsamında çelik halat elemanlarla binaların güçlendirilmesine bakılırken dolgu duvarların etkisi de dikkate alınarak halat çaplarındaki değişimlerde incelenmiştir.

Çalışmada, binada kullanılan dolgu duvar malzemesi tuğla duvar, bims ve gaz beton olarak dikkate alınmış ve bina deprem performanslarına bakılmıştır. Dolgu duvarların modellenmesinde eşdeğer sanal basınç çubuklarından yararlanılmıştır.

### **1.1. Kaynak Özetleri**

Çelik halat kullanılarak betonarme yapıların güçlendirilmesiyle ilgili literatürde herhangi bir kaynak bulunmamaktadır. Ancak farklı yöntemler kullanılarak güçlendirilmiş betonarme binalarla ilgili kaynaklar mevcuttur. Bu çalışmanın kapsamına yakın en önemli kaynaklar bu bölümde sunulmuştur. Ayrıca dolgu duvarların betonarme bina davranışına etkisi ile ilgili olarak çok çeşitli çalışmalar yapılmış olup bunlardan bazıları özet olarak sunulmuştur.

Smith (1962,1969), çalışmasında dolgu duvarlı çerçevelerin yatay yükler altındaki davranışını anlayabilmek için hem deneysel hem de analitik araştırmalar yapmıştır. Araştırmaların sonucunda dolgu duvarlı çerçevelerin yatay rijitlik ve dayanımının duvar boyutları ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra duvar ile kolon arasındaki temas uzunluğuna bağlı olduğunu göstermiştir. Dolgu duvarını eşdeğer basınç diyagonalı şeklinde varsayarak, bu eşdeğer diyagonalin genişliğini teorik olarak elde ettikten sonra, model deneylerle bu sonuçların doğruluğunu kontrol etmiştir. Yapılan deneysel ve teorik çalışmalar sonucunda,  $w$  basınç çubuğu genişliğinin, çerçevenin değişik açıklık/yükseklik oranına göre diyagonal uzunluğunun  $1/4$ 'ü ile  $1/11$ 'i arasında değiştiği sonucuna varmıştır.

Çıtıptıoğlu ve ark (1997), çalışmalarında binaların yük taşımadığı varsayılan dolgu duvarları ile taşıyıcı sistemleri arasındaki etkileşim için tasarım pratiğinde



kullanılabilecek bir yöntem geliştirmişlerdir. Basınç çubukları için kullanılabilecek kesit alanı, elastisite modülü, kırılma yükü gibi bazı özellikleri hesaplamak için grafik ve analitik yöntemler vermişlerdir. Sonuç olarak, yük taşımayan bölme duvarlarının eşdeğer statik deprem yükü altında elastik limit aşılmadan kırılabileceğini görmüşlerdir.

Anıl (2002), çalışmasında yerinde dökme kısmi dolgulu betonarme yapıların güçlendirilmesiyle yanal yükler altında kısmi dolgu duvar ile güçlendirilen betonarme çerçevelerin sünekliğini araştırmıştır. Tek katlı, tek açıklıklı, 1/3 oranında 9 adet numuneyi tersinir yanal yükler altında test etmiştir. Kısmi dolgu duvarın belirlenen yüksekliğini ve genişliğini değişik şekillerde yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kısmi duvarın genişlik/yükseklik oranının arttıkça çerçevenin yanal rijitlik ve dayanımının arttığını, dolgu duvar ve çerçeve arasındaki bağlantının dolgulu çerçeve sistem davranışına etki ettiğini belirlemiştir.

Sayın (2003), çalışmasında betonarme yapılarda taşıyıcı eleman olarak ele alınmayan, yalnızca ağırlık olarak sistem analizlerinde yer alan dolgu duvarları, SAP2000 ve Sta4cad yapı analiz programlarıyla modellemiştir. Dolgu duvarları, yapılmış olan deneysel ve analitik çalışmalar ışığında eşdeğer diyagonal basınç çubuğu ve panel olarak modellemiştir. Sisteme dahil olan dolgu duvarlar yapı analiz programlarıyla analiz karşılaştırması yapmıştır. Dolgu duvarın rijitlik, dayanım gibi özelliklerinin belirlenmesi durumunda yapılan modellemelerin sistem davranışını gerçeğe yakın olarak verdiğini gözlemiştir.

Piroğlu ve Uzgider (2005), çalışmalarında mevcut betonarme kolon ve kirişlere, kafes kiriş şeklindeki çelik elemanlarla dahili olarak perdeler eklenmiştir. Bu perde tekniğinde, perdenin yerine montajını kolaylaştırmak ve ağır kaldırma ekipmanlarına ihtiyaç duymamak için, perdeyi birbirine yüksek mukavemetli bulonlarla birleştirilen hafif bloklar halinde atölyede imal ederek yerinde monte edilmiştir. Uygulama; minimum çevre rahatsızlığı, minimum mimari ve detay ve eleman hasarı, minimum uygulama süresi, minimum gürültü ve toz ile 7 günlük bir süre kullanılarak orta büyüklükte bir yapı için gerçekleştirilmiştir. Bu perde sistemleri için yapılan laboratuvar testleri bunların da mevcut betonarme taşıyıcı sistemlerin yatay yük taşıma kapasitesini 3 misli arttırdığı görülmüştür.

Karlıoğlu (2005), çalışmasında çok katlı binalarda bulunan tuğla duvarların yapı davranışına olan etkisini incelemiştir. 2 bodrum katı, 1 zemin katı, 1 asma katı

ve 10 normal katı bulunan binanın çerçeve sistemini SAP2000 programında üç boyutlu olarak modellemiş ve bu model ışığında dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız iki ayrı modelin dinamik analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, tuğla dolgu duvarın yapıya eklenmesiyle, periyot, yatay deplasman, taban kesme kuvveti ve yumuşak kat oluşumunda farklılıklar olduğunu gözlemlemiştir.

Çağlayan (2006), çalışmasında dolgulu betonarme çerçevelerin tüm eleman malzeme özelliklerinin gerçeğe daha yakın alındığı genel amaçlı sonlu elemanlar programı ile dolgulu çerçevelerin doğrusal olmayan çözümü gerçekleştirmiştir. Taşıyıcı sistemi oluşturan betonarme elemanları, çubuklar ile dolgu elemanlar eşdeğer diyagonal basınç çubukları ile modellemiştir. Betonarme elemanların mafsallaşmalarında kirişlerde moment ve kesme etkilerini, kolonlarda eksenel yük, moment ve kesme etkilerini, dolgularda da sadece eksenel yük etkilerini dikkate almıştır. Dolgu duvar etkisini dikkate almadan önceki kapasite kuvveti sonuçlarıyla hesaba aldığı durum arasında % 5 bir artış olduğunu görmüştür.

Dündar (2006), çalışmasında bölme duvarların betonarme yapıların deprem davranışına etkilerini irdelemiştir. Bu amaçla ilk olarak düzlem modeller oluşturmuştur. Bölme duvarlar için sonlu elemanlar ve çoklu payandalı modelleri kullanarak SAP2000 yapı analiz programında farklı davranış özelliklerine sahip yapı elemanlarının birbirleri ile etkileşimini modellemek amacıyla, temas bölgelerine bağlantı (link) elemanı yerleştirmek suretiyle analizler yapmış ve deneysel sonuçlarla karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, duvarın yük dağılımını değiştirdiğini, taşıyıcı elemanlardaki kesit tesirlerinin bazı noktalarda duvarsız modellerdeki sistemlere göre daha yüksek çıkmasına sebep olduğunu belirlemiştir.

Tetik (2007), çalışmasında dolgu duvarların ve planda duvar yerleşiminin yapı davranışına etkisini incelemek amacıyla değişik dolgu duvar yerleşimlerine sahip betonarme yapıları incelemiştir. Dolgu duvarların modellenmesi için iki ucu mafsallı çapraz pandül çubukları kullanmıştır. Sonuç olarak, dolgu duvarların yapının rijitliğini önemli ölçüde arttırdığını, bunun sonucunda da yapı periyodunda azalmaya neden olduklarını saptamıştır. Dolgu duvarlardaki boşlukların rijitlikte neden olduğu azalmayı incelemiş ve boşluksuz durumunda %56 mertebelerinde olan periyot azalma oranının %37'ye düştüğünü hesaplamıştır. İncelenen binalarda, dolgu duvarların yapı periyotlarında ortalama %50 - %70 oranında azalmaya neden olduklarını görmüştür.

Korkmaz (2007), yılında çalışmasında çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiş betonarme yapıların deprem davranışları doğrusal olmayan analizler yardımıyla incelenmiştir. Betonarme yapıların güçlendirilmesi ile ilgili olarak farklı çaprazlama şekilleri uygulanmıştır. Betonarme yapıları temsil üzere 10 katlı betonarme çerçeve bir yapı tasarlanmış ve bu çerçeve yapı farklı şekillerde çelik çapraz elemanlarla güçlendirilmiştir. Analizler kapsamında doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri gerçekleştirilerek yapıların elastik ötesi davranışları belirlenmiştir. Güçlendirilen betonarme yapılarla, mevcut yapı, doğrusal olmayan analiz sonuçlarına göre deprem davranışları açısından karşılaştırılmıştır. Böylelikle güçlendirilmiş yapıların davranışları belirlenmiş ve güçlendirmenin yapısal davranışa katkısı ortaya konulmuştur.

Ayrıca farklı şekillerde güçlendirme uygulanarak en iyi güçlendirme şeklinin belirlenmesi de amaçlanmıştır.

Beklen (2009), yılında çalışmasında taşıyıcı eleman olarak dikkate alınmayan dolgu duvarların deprem davranışına olan olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmıştır. Öncelikle, dolgu duvar olarak kullanılan tuğlanın elastisite modülü ve dolgu duvar modelleri SAP2000 programı ile analiz edilmiştir. Bu amaçla, farklı düzlem çerçevelerin yatay yükler altında, dolgu duvarlar için eşdeğer basınç çubuğu modeli ve sonlu elemanlar modeli kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Bir bina 5 katlı ve 10 katlı modellenerek farklı kolon boyutları için deprem analizi yapılmıştır. Bu binada dolgu duvar malzemesi olarak tuğla ve gazbeton kullanılmıştır. Dolgu duvarlar eşdeğer basınç çubuğu ile modellenmiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçevelerin analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, düzlem çerçeve ve üç boyutlu çerçevede dolgu duvarın olumsuz etkileri olan kısa kolon, yumuşak kat ve burulma düzensizliği araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda, dolgu duvarların rijitlik, periyod, yatay deplasman, taban kesme kuvveti ve bina davranışını etkilediği görülmüştür.

## **1.2. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmada, ülkemizde sıklıkla karşılaşılan, sadece düşey yükler için boyutlandırılmış, ya da düşük yatay yük etkisi öngörülerek tasarlanmış betonarme çerçeveli yapı sistemlerinin güçlendirilmesinde çelik halatlı sistemler kullanılarak

mevcut binanın deprem performansının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Betonarme yapılarda taşıyıcı eleman olarak ele alınmayan, yalnızca ağırlık olarak hesaplamalarda yer alan dolgu duvarlar eşdeğer sanal çapraz basınç çubuğu olarak SAP2000 analiz programı kullanılarak modellenmiştir. Böylelikle dolgu duvarlar sisteme dahil edilmiştir.

Seçilen modeller tamamen simetrik olup çelik halatlar mevcut binaya harici olarak farklı şekillerde ve farklı çaplarda yerleştirilerek analizler yapılmış ve çelik halatla güçlendirmenin binanın deprem performansına nasıl etkidiği incelenmiştir.

## 2.MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Genel

Çalışmanın hazırlanması SAP2000 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizleri yapılan modeller için rijitlik ve ağırlık olarak göz önünde bulundurulan dolgu duvarlar literatürde de belirtilen sanal basınç çubukları ile modellenmiştir. Bu modelleme bölüm 3.5’de ayrıntılı olarak verilmiştir.SAP2000 yazılımı, yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analizi ve boyutlandırılması için kullanılan Genel Amaçlı bir programdır. Program Windows ortamında çalışmakta ve tüm işlemler özel Grafik Kullanıcı Ara yüzü (Graphical User Interface - GUI) yardımı ile SAP2000 ekranı üzerinde gerçekleştirilmektedir.

#### 2.1.1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007

Türk Deprem Yönetmeliği’nde, yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı olarak tasarımının ana ilkesi, binalardaki yapısal ve yapısal olmayan elemanların hafif şiddetteki depremlerde herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde hasarın sınırlı ve onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanması olarak tanımlanmıştır. Bu tanımdaki şiddetli deprem, bina önem katsayısı  $I=1$  olan binalar için, 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olan depremdir.

##### 2.1.1.1.Analiz Yöntemleri

Deprem etkisi altında bulunan bina veya bina türü yapıların, taşıyıcı sisteminde boyutlandırmaya esas olacak kesit tesirlerinin bulunmasında farklı üç çözüm yöntemi vardır.

##### 2.1.1.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik Analiz)

Bu yöntemde taşıyıcı sistemi kolon, kiriş ve perdelerden oluşan yapılara etkileyen

deprem yükleri, yapının kat hizaları seviyesinde etkiyen yatay yükler olarak kabul edilir. Bu yatay yüklerin, binanın birbirine dik iki doğrultuda ayrı ayrı etkidiği varsayılarak, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlarda kesit tesirleri bulunmaktadır.

### **2.1.1.3. Mod Birleştirme Yöntemi (Spektrum Analizi)**

Yapı davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine olan etkisinin ayrı ayrı bulunmasından sonra, uygun bir şekilde birleştirilmesi ile elde edilen bir çözüm yöntemidir. Yöntemin hesap tekniği tamamen elastik davranışa dayanmaktadır.

### **2.1.1.4. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi**

Çözümü zaman alıcı olan bu yöntemde, gerçek deprem kayıtları veya onu temsil edebilecek kayıtlar kullanılarak, yapının dinamik analizi yapılmaktadır. Deprem yönetmeliği bu yöntemi, nükleer santraller gibi çok önemli yapıların tasarımında kullanılmasını önermektedir.

Bu çalışmada yukarıdaki analiz yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Atımtay (2000), depremin binada çok büyük elastik ötesi oluşumlara neden olduğunu, hangi hesap yöntemi kullanılırsa kullanılsın eksikler kalacağından bahsetmiştir. Ancak, kuvvetler dengesinin her zaman sağlanması gerektiğini ve bunun sağlanması şartıyla Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin kullanılacak basit bir yöntem olduğunu vurgulamıştır.

### **2.1.2. SAP2000 Programı ile Sistem Modelinin Oluşturulması**

Bu ilk aşamada, ya doğrudan doğruya veya SAP2000 içinde bulunan şablon (Template) sistemler kullanılarak

- Kiriş, kolon v.b. çubuk elemanlar,
- Duvar, döşeme, kabuk gibi yapı bölümlerini temsil eden sonlu elemanlar,
- Düğüm noktalarında veya mesnetlerde elastik veya lineer olmayan birleşimler veya yaylar,
- Çeşitli tipte mesnetler tanımlanarak sistem modeli oluşturulur. Bu sırada,

çeşitli yapı elemanlarının birleştiği Düğüm Noktaları (Joints), program tarafından otomatik olarak türetilmektedir. Oluşturulan öğelerin (çubuk, sonlu eleman, birleşim, yay ve düğüm noktası) tümüne Nesne (Object) adı verilmektedir.

Bazı durumlarda, ele alınan sistemin önce küçük (veya kaba) bir bölümü oluşturulur. Daha sonra SAP2000 'in Copy, Paste, Replicate, Mesh Shells gibi olanaklarından yararlanarak sistem tamamlanır.

Bazı özel durumlarda da, sistemin geometrisi Auto CAD veya EXCEL yazılımları ile geliştirilip SAP2000 içine aktarabilmektedir.

#### **2.1.2.1. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması**

SAP 2000 içinde standart olarak, tüm özellikleri ile tanımlanmış olan Beton (CONC) ve Çelik (STEEL) malzemeleri mevcuttur. İstenirse bu malzeme türlerine ait özelliklerin bazıları veya tümü değiştirilebileceği gibi, yeni malzeme türleri de tanımlanıp kullanılabilir. Seçilen veya tanımlanan malzeme türleri, kesit tanımlaması sırasında kullanılmaktadır.

#### **2.1.2.2. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması**

Çeşitli kesit tipleri ayrı kütükler içinde verilmiş bulunmaktadır. Özellikle çelik yapılarda bu kesit tipleri, doğrudan doğruya veya bazı özellikleri değiştirilerek kullanılabilmesi gibi, istenen türde kesit tanımlamak için, pek çok seçenek vardır. Seçilen veya tanımlanan kesitler sistem elemanlarına atanmaktadır.

#### **2.1.2.3. Yüklerin Tanımlanması**

Tekil, düzgün yayılı, üçgen veya yamuk (trapez) yüklerle sıcaklık değişimleri tanımlanıp düğüm noktalarına, çubuklara veya sonlu elemanlara atanabilmektedir. Ayrıca, kütle ve spektrum diyagramları tanımlandıktan sonra, Mod Birleştirme Yöntemi ile Dinamik Hesap da yapılabilir. Çok sayıda (sabit, hareketli; rüzgar, deprem v.b.) değişik yüklemeler tanımlanabileceği gibi, bunlar çeşitli süperpozisyon katsayıları ile çarpılarak Yükleme Kombinasyonları da oluşturulabilmektedir.

#### **2.1.2.4. Çözüm (Analiz)**

Sistem modelinin malzeme, kesit özellikleri ve yüklemeleri ile birlikte tanımlanması bittikten sonra Çözüm (Analiz) yapılır. Çözüm sonuçları da SAP 2000 ekranında görüntülenmektedir. Bu görüntü üzerinde istenen her türlü ayrıntı ayrıca görüntülenip incelenebilir. İstenirse, çözüm sonuçları bir kütüğe yazdırılıp orada incelenir veya bastırılabilir.

#### **2.1.2.5. Boyutlandırma**

Çözüm işlemi tamamlandıktan sonra, seçilen bir yönetmeliğin kuralları uygulanarak, çelik veya betonarme elemanların boyutlandırmaları dayandırılmaktadır.

### **2.2. Yapılarda Düzensizlik Durumlarının İncelenmesi**

Bir yapının tasarım aşamasında mimari tasarım ile yapının depreme karşı dayanımı arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Yükseklik, geometri, eleman süreksizlikleri, plan boyutları, yapı sisteminin seçimi, kütle dağılımı, rijitlik dağılımı, dayanım ve süneklik gibi birçok parametre yapının depreme karşı davranışını etkilemektedir. Bütün bunların neden olacakları olumsuz etkileri en asgari seviyeye çekebilme ve yapının depremden büyük ölçüde zarar görmesini önlemek amacıyla birçok ülke deprem yönetmeliği hazırlamıştır. (ABYYHY, 2007; EC8, 1984; UBC,1997;NBCC, 1995;NZC, 84).2007'de yürürlüğe giren "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar HakkındaYönetmelik" te yatay yükler altında yapının üç boyutlu olarak analiz edilmesi zorunluluğu getirilmiş ve bu yapıların mümkün olduğunca düzensizliklerden arınması gerekliliği ortaya konulmuştur. Fakat gerek mimari zorunluluklar gerekse arsa gibi kısıtlayıcı etkenler yapıların simetrik yapılabilmesini imkansız kılmakta ve bazı düzensizliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yapının simetrik olmaması halinde projelendirme aşamasında bu etkileri de göz önüne alınması gerekmektedir.

Binalar simetrik olsa bile şiddetli deprem halinde deprem dalgalarının



binaya yayılışı asimetrik olacağından kolon ve kirişlerdeki mafsallar aynı anda oluşmayabilir. Sonuçta kütle ve rijitlikleri simetrik olan binalarda bile deprem anında dış merkezlikler meydana gelebilir

**Çizelge 2.1.** Yapılarda oluşabilecek planda ve düşey doğrultuda düzensizlik durumları [3]

No	Planda Düzensizlikler	No	Düşeyde Düzensizlikler
A1	Burulma düzensizliği	B1	Zayıf kat
A2	Döşeme süreksizliği	B2	Yumuşak kat
A3	Plan görünüşü	B3	Kolon ve\veya perde süreksizliği
A4	Ortogonal olmayan eleman(lar)	B4	Çekiçleme
A5	Simetrik fakat eşit olmayan kolon sınıflandırması	B5	Kötüleşme(Setback)
A6	Planda asimetrik	B6	Asimetrik Kütle
		B7	Kısa Kolon
		B8	Eşit olmayan kat yükseklikleri
		B9	Zayıf kolon rijit kat

Mimari tasarım aşamasında kaçınılması gereken birçok düzensizlik durumu bulunmaktadır. Bunlar kat yükseklikleri arasındaki farktan, kütlelerin ve rijitliklerin bir bölgede toplanmasından, kısa kolon oluşumundan, çekiçlemeye imkan verebilecek düzenlemelerden ve ortogonal yapı elemanı tasarımı gibi bir çok nedenden dolayı ortaya çıkmaktadır.

Yapıların depreme karşı davranışlarını olumsuz yönde etkileyen ve bu nedenle tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensizlikler şunlardır.[10]

### 2.2.1.Planda Düzensizlik Durumları

A1- Burulma Düzensizliği

A2- Döşeme Süreksizlikleri

A3- Planda Çıkıntılar Bulunması

A4- Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

### 2.2.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf Kat)

B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ( Yumuşak Kat)

B3- Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

### 2.3. Çok Katlı Yapılarda Plan Geometrisi

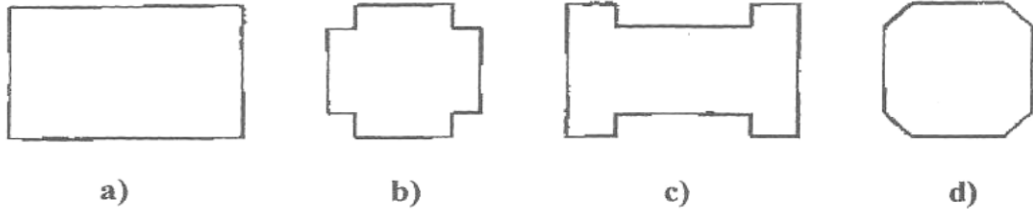
Çok katlı yapıları plan geometrisi bakımından üç grupta toplamak mümkündür.

1. Simetrik Yapılar,
2. Simetrik Davranışlı Yapılar,
3. Simetrik Olmayan Yapılar

Bu gruplar aşağıda ele alınarak burulma özellikleri açıklanacaktır.

#### 2.3.1. Simetrik Yapılar

Planda en az iki ortogonal simetri eksenine bulunan yapılar "Simetrik Yapılar" olarak adlandırılmaktadır. Bu tip yapıların uygulamada kullanılan türlerinden bazıları Şekil 2.1' de gösterilmiştir.

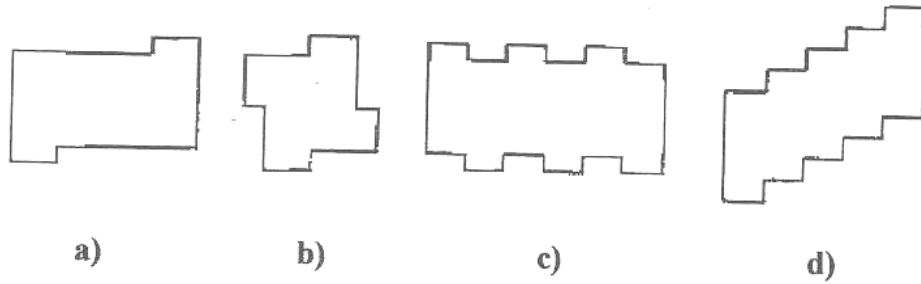


Şekil 2.1. Simetrik yapılar [7]

Bu tür yapılarda, düşey taşıyıcı eleman olarak sadece kolonların kullanılması halinde, burulma düzensizliği yoktur. Ancak, perde de kullanılması halinde, perdelerin konumlarının sistemin simetrisini bozmayacak şekilde yerleştirilmesi gerekir. Düşey taşıyıcı elemanlar bakımından da simetrik olan bazı sistemlerde, yine perde konumlarından kaynaklanan ve "Gizli Burulma Düzensizliği" olarak nitelendirilen bir durumla karşılaşılabilir.

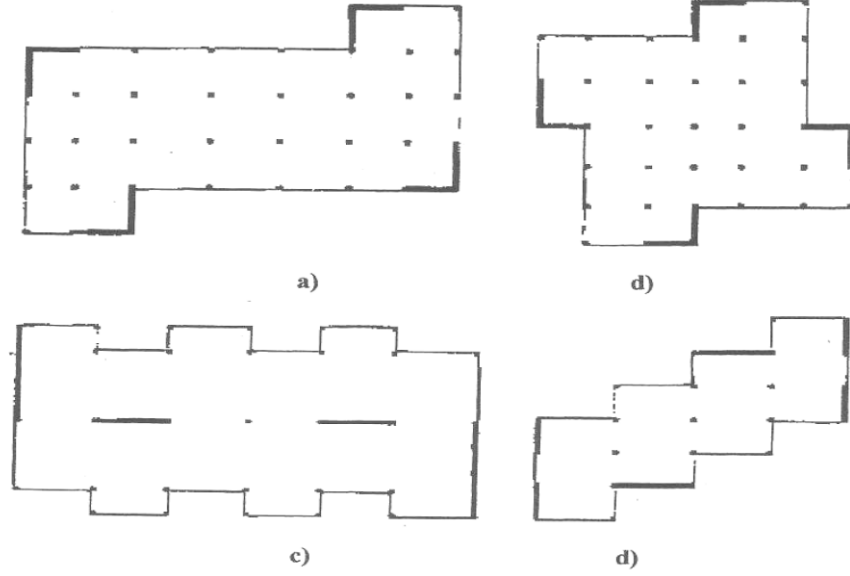
### 2.3.2. Simetrik Davranışlı Yapılar

Bazı yapılar planda iki ortogonal simetri ekseni olmamakla birlikte, yatay yükler etkisi altında simetrik yapılar gibi davranış göstermektedir. Bunlar planda noktasal simetrik olan yapılardır. Bu tür yapılara ait bazı örneklerin şematik planları Şekil 2.2' de gösterilmiştir.



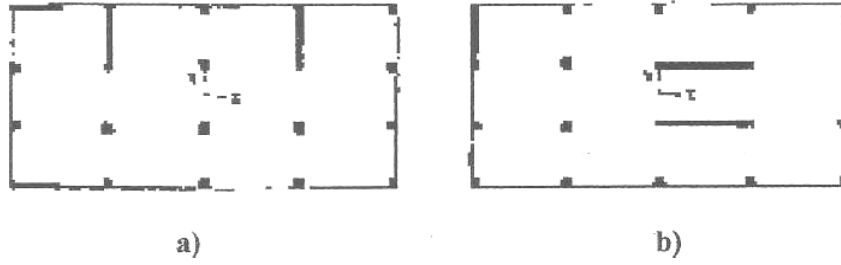
Şekil 2.2. Simetrik davranışlı yapılar [7]

Bu tür yapılarda da, düşey taşıyıcı eleman olarak sadece kolon kullanılması halinde, burulma düzensizliği yoktur. Ancak perde kullanılması durumunda, bunların yapının noktasal simetri durumuna uygun konumlarda yerleştirilmesi gerekir. Şekil 2.2'deki yapılarda, perde yerleştirilmesine ait örnekler Şekil 2.3' de şematik olarak gösterilmiştir.



**Şekil 2.3.** Simetrik davranışlı yapılarda perde yerleştirilmesi [7]

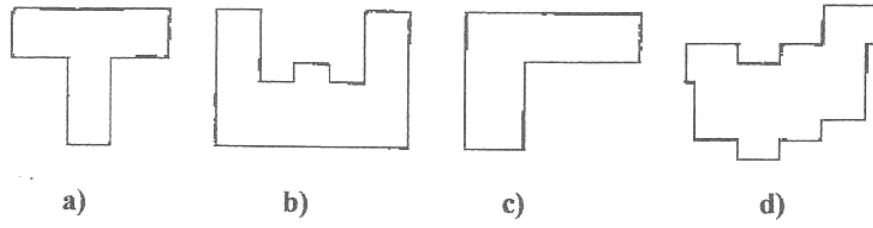
Geometrik bakımdan düzenli olan, fakat perdeleri noktasal simetrik biçimde yerleştirilmemiş olan bazı yapılar da bu kategoriye girmektedirler. Bu tip yapılara ait bazı örneklerin şematik kalıp planları **Şekil 2.4'** de gösterilmiştir.



**Şekil 2.4.** Simetrik davranışlı perdeleri olan yapılar [7]

Bu tür yapıların özelliği, X eksenini doğrultusundaki perdelerin Y eksenine göre, eksenini doğrultusundaki perdelerin de X eksenine göre, simetrik olarak yerleştirilmiş olmalarıdır. Bu tür yapılar, her iki doğrultudaki deprem etkileri altında simetrik olarak davranmaktadır.

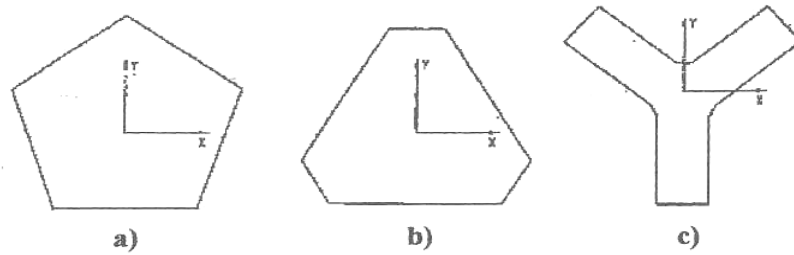
Plan geometrisinde iki ortogonal simetri eksenini olmayan yapılara ait bazı örneklerin şematik planları **Şekil 2.5'** de gösterilmiştir.



**Şekil 2.5.** Simetrik olmayan yapılar [7]

Görüldüğü gibi bu tür yapıların bazılarında tek simetri eksenini vardır; bazılarında ise hiç simetri eksenini bulunmamaktadır. Bu yapılarda, simetriden şaşma miktarına ve özellikle de perde konumlarına bağlı olarak, az veya çok miktarda burulma düzensizliği olabilmektedir.

Ortogonal olmayan, yani bazı çerçeveleri ve/veya perdeleri birbirine dik düzlemler içinde olmayan yapılar, genellikle simetrik olmayan yapılar sınıfına girerler. Bu tür bazı yapıların planda ikiden çok sayıda, fakat ortogonal olmayan simetri eksenleri vardır. Merkezi simetrisi olan bu yapılara ait bazı örneklerin şematik planları **Şekil 2.6'da** gösterilmiştir.



**Şekil 2.6.** Merkezi simetrisi olmayan yapılar [7]

Deprem yönetmeliklerinde, bu tür yapıların deprem hesaplarının iki ortogonal doğrultuda yapılması ve tasarım büyüklüklerinin özel bir süperpozisyon formülü ile elde edilmesi öngörülmektedir. Ortogonal deprem doğrultularından biri sistemin simetri eksenlerinden biri olarak seçilebilir. Örneğin **Şekil 2.6'** da gösterilen yapıların Y eksenleri doğrultusundaki

davranışları simetrik olduğu halde X eksenleri doğrultusundaki davranışları simetrik değildir. Uygulamada özellikle perdelerin ve/veya çekirdeklerin konumları nedeniyle bu tür yapıların merkezi simetri özellikleri de bozulmaktadır.

#### **2.4. Betonarme Yüksek Yapılarda Yatay Yük Etkisi**

Tüm dünyada olduğu gibi, önemli deprem hattı üzerinde bulunan ülkemizde de inşa edilen binaların çoğunluğu betonarme olarak yapılmaktadır.

Yüksek mukavemetli beton ve çelik kullanımı ile üretilen bu türden yapılar, uzun ömürlü ve ekonomik olma özellikleri yansın monolitik olma özelliğine de sahiptir. Konvansiyonel tarzda genellikle 8-10 katlı, seyrek olarak 12-16, nadir olarak da 20 ve daha fazla katlı binalar inşa edilmekte olan ülkemizde, 20 yıldan bu yana ön yapı tekniği ile her türlü bina yapılmaktadır.

Yüksek yapıların deprem etkisi altındaki davranışında bazı özelliklerin bulunması istenir. Örneğin sık olan ve hafif şiddetteki depremlerden doğan titreşimlerin bina içinde yaşayanlarca hissedilmemesi, seyrek olan orta şiddetteki depremlerin etkisi altında lineerlik sınırının aşılması, çok seyrek olan büyük şiddetteki depremlerde ise can kaybının olmaması ve yalnız onarılabılır hasarların meydana gelmesi istenir.

Taşıyıcı sistemin bütün bu özelliklere sahip olması için hafif ve orta şiddetteki deprem etkisi altında rijit, büyük şiddetteki deprem etkisinde ise sünek (düktil) bir davranış göstermesi gerekmektedir.

Yapılarda kat adedinin artması, alt katlardaki kesit boyutlarının büyümesin ve artan yük etkisiyle mukavemet açısından sorunların doğmasına neden olmaktadır. Bu türden problemler perde taşıyıcı elemanlarının kullanılmasıyla giderilebilmektedir.

Çerçeve süneklik oranının fazla, perde rijitliğinin yüksek olması bu iki taşıyıcının bir arada kullanılabilmesini mümkün hale getirmektedir. Farklı davranış gösteren bu iki taşıyıcı elemanın birlikte çalışması, kendi düzleminde rijit kabul edilen döşemeler tarafından sağlanmaktadır.

Çerçeve sistemler, yatay yüklemeye karşı mukavemetini, kendisini meydana getiren elemanların düğüm noktalarının rijitliğinden alan taşıyıcı sistemlerdir.

Çerçeve tipi bir taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmenin, kiriş ve kolonlardaki eğilmeden ve kolonların aksenal şekil değiştirmelerinden meydana geldiği düşünülebilir. Yükseklik, genişlik oranı arttıkça kolon aksenal şekil değiştirmeleri önem kazanır.

Ayrıca, çerçeve elemanlarında veya temeldeki bir çökme ile normal kuvvetlerin ve sistemlerin doğurduğu ikinci merteye momentlerin etkisi de yatay yer değiştirmeyi arttırıcı etmenlerdir.

## 2.5. Yatay Yer Değiştirmelerin Hesabı

Yatay yük etkisi altındaki betonarme yüksek yapıda, dolgu duvarlarının çatlamasını, camların kırılmasını, doğramaların şekil değiştirmesini ve binada yaşayanların titreşimlerden doğan rahatsızlığı önlemek amacıyla taşıyıcı sistemin yatay yer değiştirmelerinin, belirli bir sınırı aşmaması istenir.

Sistemin yatay kuvvetler etkisi altında dinamik ve statik analizi için bazı hesap yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler,

- a) Kesin Yöntemler
- b) Yaklaşık Yöntemler

- **Kesin Yöntemler:** Genellikle deplasman yönteminin çok katlı yapılara uygulanmasıdır. Bu yöntemlerde bilinmeyen sayısı fazladır, uzun ve yorucu hesaplar ancak bilgisayar yardımı ile yapılabilir. Bu yöntemde hesapların uzunluğundan dolayı doğan yuvarlanma hataları ortaya çıkabilmektedir.
- **Yaklaşık Yöntemler:** Çok katlı yapıların yatay yüklere göre hesabı için taşıyıcı sistem türüne bağlı olarak geliştirilen yaklaşık yöntemler bazı basitleştirici kabuller yardımı ile hesapların büyük ölçüde kısılmasını sağlayan yöntemlerdir. Bu yöntemlerle yapılan hesaplarda yuvarlanma ve kesme hataları önemsiz mertebelerde olduğundan, elde edilen sonuçlar yaklaşık fakat güvenilir olmaktadır. Bazı yaklaşık yöntemler kullanılarak ardışık yaklaşım yolu ile kesin sonuçlar elde etmek mümkündür.

## 2.6. Yapı Sistemleri Serbestlik Dereceleri

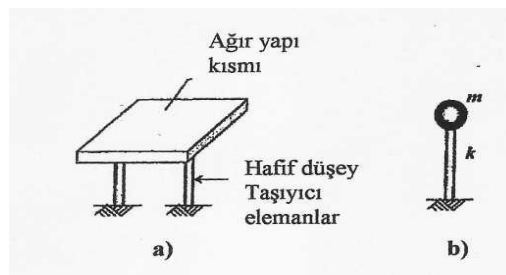
Yatay yük etkisindeki taşıyıcı sistemler herhangi bir yükleme durumu için

üç boyutlu olarak Matris Deplasman Yöntemi uygulanarak hesaplanabilirler. Bu durumda her düğüm noktasında üçü x, y, z koordinat eksenleri etrafındaki ötelenme ve dönme olmak üzere altı serbestlik derecesi söz konusudur. Dolayısıyla taşıyıcı sistemdeki düğüm noktası sayısının altı katı kadar bilinmeyenle çalışmak gerekecektir. Her ne kadar böyle bir hesabın yürütülmesi için genellikle bilgisayar programları kullanılıyorsa da bilinmeyen sayısının çokluğu işlem sayısını arttırdığı için hem çözüm süresini uzatmakta, hem de kesme hataları birikimi nedeniyle hassas olmayan sonuçlar alınabilmektedir. Bu nedenle bilinmeyen sayısını azaltmak uygun olmaktadır.

Bu amaçla, yatay yük etkisindeki yapıların hesabı için yapılan varsayım, katların kendi düzlemleri içinde şekil değişimine uğramadan rijit cisim hareketi yaptığıdır. Bu şekilde, bir katta bulunan düğüm noktalarındaki kat düzlemi içinde kalan yer değiştirmeler ile kat düzlemine dik doğrultudaki dönmeleri, kendi düzlemi içinde rijit olduğu varsayılan katın iki yer değiştirme bileşeni ile düzlemi içinde dönmesi cinsinden ifade etme olanağı doğar. [9]

### 2.6.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Tek serbestlik dereceli sistemlere uygun yapılara basit yapılar da denilmektedir. Bu tür yapıların özelliği yapı kütesinin önemli bir kısmının yapının belirli bir bölgesinde toplanmış olmasıdır. Bu tür yapılara örnek olarak, bir katlı yapılar, çardaklar, kameriyeler, ayaklı depolar ve hafif çelik profillerle desteklenmiş ağır çatılara sahip yapılar verilebilir. Bu yapılarda kütenin yoğun olduğu bölgede bir noktada toplandığı ve mevcut bütün taşıyıcı eleman rijitliklerinin (katlıklarının) görelî olarak bir kolonda toplandığı kabul edilmektedir. Tek serbestlik dereceli yapılar için yapılan bu varsayımlar, yapı dinamiğinin temelini oluşturan varsayımlardan birkaçıdır.



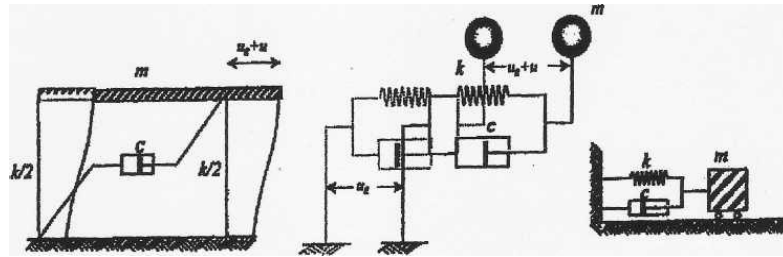
Şekil 2.7. Kütlenin bir noktada ve rijitliğin bir elemanda toplanması [7]



Sönümün de dikkate alındığı tek serbestlik dereceli sistemlere ilişkin olarak kullanılan modeller Şekil 2.8'de görülmektedir. Bu şekildeki m yapı kütlelerini, C sönümü, k rijitliği,  $U_g$  zeminin, u ise yapının yer değiştirmesini temsil etmektedir. Rijitlik için, yapı zemine göre yer değiştirdiğinde onu ilk durumuna getirmeye çalışan mekanizma yorumu yapılabilir. Kütle zemine göre u kadar yer değiştirdiğinde bunu ilk konumuna getirecek olan kuvvet  $F=ku$  olacaktır. Burada k'ya rijitlik ya da orantı sabiti denilmektedir. Sönüm için ise yapı titreştiği zaman titreşimi zayıflatan mekanizma yorumu yapılabilir. Sönüm etkisinin belirlenmesi daha sonra da irdeleneceği gibi son derece zor olmaktadır. Hatta bir yapı için sönümün gerçekçi olarak belirlenmesinin imkânsız olduğu söylenebilir.

Sönüm etkisini hesaplarda dikkate alabilmek için genellikle viskoz sönüm esas alınmaktadır. Bununla ilgili kuvvet olarak, içerisinde viskoz özellikte sıvı bulunan bir silindirde piston belirli bir hızla hareket ettiğinde viskoz sönüm denilen hızla orantılı olarak meydana gelen kuvvet tanımı yapılmaktadır. Bu durum için pistonun hızı  $du/dt$  olduğundan bununla ilgili kuvvetin ifadesi  $cu$  olmaktadır. Buradaki c'ye sönüm katsayısı ya da orantı katsayısı denildiği gibi kısaca sönüm de denilmektedir.

Bu tür sistemler tek katlı yapı sistemi olarak da nitelendirilebilir. Geleneksel bir yapıda kirişler, kolonlar, duvarlar gibi yapı elemanları yukarıda adı geçen kütle, rijitlik ve sönüm özelliklerinin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Tüm bu özellikler dikkate alınarak tek serbestlik dereceli sistemlerin çeşitli şekillerdeki model görünüşleri Şekil 2.8'de verilmektedir.



Şekil 2.8. Tek serbestlik dereceli sistemler için model gösterimleri [7]

Şekil 2.8'de verilen sistemlerdeki kütlelerin sadece bir doğrultuda yatay yer değiştirme yaptığı kabul edilmektedir. Bu nedenle sistem tek serbestlik dereceli sistem olarak adlandırılmakta, dolayısıyla da dinamik serbestlik derecesi bir

olmaktadır. Dinamik serbestlik derecesi daha açık olarak sistemde bulunan her bir kütlenin rölatif yer değiştirmelerini belirleyebilmek için gerekli bağımsız yer değiştirme sayısı olarak tanımlanmaktadır. **Şekil 2.8**'de gösterilen modellerin davranışları dikkate alındığında **(a)** daki gösterili tarzı birçok kitapta kullanılmasına rağmen sistemde bulunan kütlenin çok az da olsa yukarı aşağı hareket edeceği düşünülebilir. Aynı şekilde **(b)** deki gösterili tarzında ise kütlenin dönme yapacağı düşünülebileceğinden, bu gösterili tarzı da pek uygun gözükmemektedir. Bu yüzden gösterim olarak da tek serbestlik dereceli sistemi ifade eden en iyi gösterili tarzı **(c)** olmaktadır. Ancak inşaat mühendisliğinin ilgi alanına giren yapının araba üstüne bindirilmiş gibi modellenmesi uygun düşmemektedir.

### 2.6.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler

Bu sistemlerde, sistemin hareket halindeki konumu birden fazla parametrenin verilmesi ile belirlenebilmektedir. Sistemin serbestlik derecesi hareket halindeki konumunu tam olarak belirleyebilmek için gerekli ve yeterli parametre sayısına eşittir. Çok serbestlik dereceli sistem denildiğinde akla hemen çok katlı yapılar gelmektedir. Oysa çok katlı bir yapıda da sadece bir doğrultuda yatay yer değiştirme yerine, yapının iki doğrultuda yer değiştirme yapabildiği ya da iki yer değiştirmeye ilave olarak düşey eksen etrafında dönebildiği de dikkate alındığı durumda yapı tek katlı olmasına rağmen yine de çok serbestlik dereceli bir sistemdir.

Kendi düzlemine paralel yüklenen döşeme plağı, deprem yükü altında ihmal edilecek kadar küçük eğilme sehimi oluşturur, ancak bütün düşey taşıyıcıları beraber sürükleyerek ötelenmelerini sağlar. Başka bir deyişle, döşeme rijit kütle hareketi göstererek ötelenir. Döşemenin deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktarmasına diyafram görevi adı verilir.

Etkin bir diyafram görevi için döşeme kendi düzlemi içinde etkileyen deprem yükü altında çok küçük sehim yapmalıdır. Bunun sağlanması için döşemenin düzlem içi eğilme rijitliği büyük olmalıdır. Döşeme boşluklarının ise, bu rijitliği azalttığı açıktır.

Ayrıca, deprem yükleri altındaki döşeme plağı, kesme kuvvetlerine ve momente maruzdur. İşte bu kesme kuvvetleri ve momentler altında, döşeme

plağında kesme kırılması veya moment kırılması oluşmamalıdır. [6]

## 2.7. Diyafram

Düşey taşıyıcıları kat düzeylerinde birbirine bağlar.

- Kendi düzlemleri içinde sonsuz rijit kabul edilirler. Kat düzeyinde, düşey taşıyıcıların eşit ötelenme yapmasını sağlar.
- Her düşey taşıyıcı, kendi ötelenme rijitliğine orantılı olarak, toplam deprem kuvvetinden pay alır.
- Depremi oluşturduğu eylemsizlik kuvvetlerini düşey taşıyıcılara dağıtmak.
- Bu dağıtımda, diyafram içinde önemli kesme kuvvetleri ve momentler oluşacak.
- Döşemede delikler ve keskin köşeler, oluşan kesme kuvvetlerine ve momentlere karşı direnci zayıflayabilir. [6]

### 2.7.1. Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışan Yapılar

Rijit diyafram kabulünde döşemelerin düzlemi içinde sonsuz rijit olduğu yani şekil değiştirmedeği kabul edilmektedir. Böylece döşeme üzerinde seçilen bir "Master Noktası"nın birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme deplasmanlarının bilinmesi durumunda, döşeme üzerindeki diğer düğümlerin deplasmanları, master noktası deplasmanlarına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Kolon, giriş ve rijit diyafram döşemelerinden her katta;

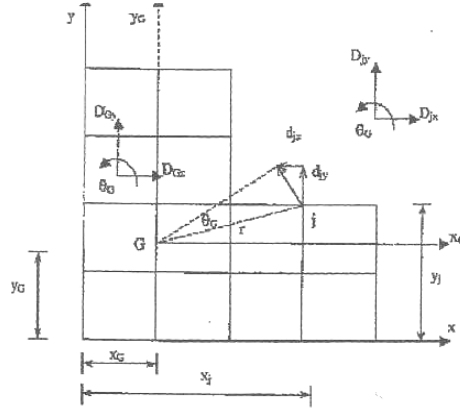
$$3*(\text{Düğüm Sayısı}) + 3 \quad (2.1)$$

adet bilinmeyen deplasman bulunmaktadır. Dolayısıyla N katlı bir yapıda,

$$\text{Bilinmeyen sayısı} = N * (3 * j + 3) \quad (2.2)$$

$$j = \text{Kattaki düğüm sayısı}$$

olacaktır. Şekil 2.9'nin incelenmesinden görülebileceği gibi döşemeye ait j noktasındaki deplasmanlar master noktası deplasmanları cinsinden:



**Şekil 2.9.** Rijit diyafram modeli [7]

$$j = g \quad (2.3)$$

$$j_x = DG_x - g \cdot (y_j - y_g) \quad (2.4)$$

$$D_{jy} = DG_y + g \cdot (x_j - x_g) \quad (2.5)$$

Bağıntıları ile hesaplanabilir. Düğüm noktalarına diğer deplasmanlar ise (3\*i) düğümlerin iki yatay eksen etrafındaki dönme ve düşey eksen doğrultusundaki öteleme deplasmanlar olup bu deplasmanlar master noktası deplasmanlarından bağımsızdır.

Ayrıca kirişler rijit diyafram içinde kaldığından bu elemanlarda aksinel deformasyon meydana gelmemektedir. Bu kabulün getirdiği kolaylıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 1) Döşeme diyaframları dış yükler altında rijit cisim hareketi yapacağından kat kütleleri, bu diyaframın kütle merkezinde tanımlanabilmektedir.
- 2) Bilinmeyen sayısı büyük ölçüde azalacağından, çözüm kolaylaşmaktadır.
- 3) Döşemelerin varlığının hesaba katılması sağlanmaktadır. Aksi takdirde döşemelerin üç boyutlu kabuk elemanı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile sisteme dahil edilmesi gerekmektedir. [10]

### 2.7.2. Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışmayan Yapılar

Kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde, deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenli aktaramadığı durumlarda rijit diyafram

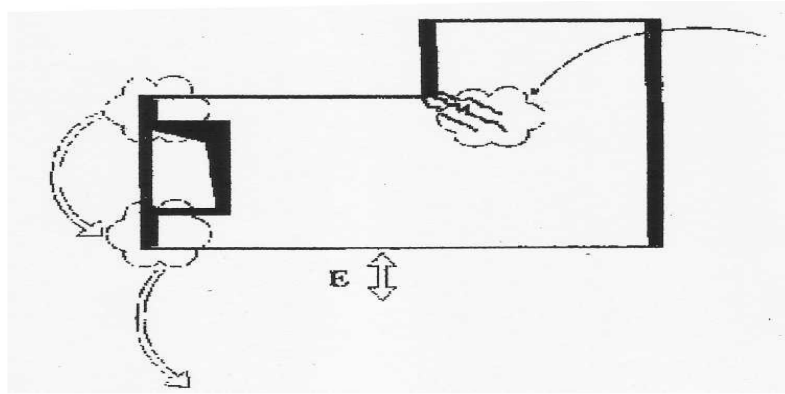
modelinin kullanılması sakıncalı olup yanlış sonuçlar verebilmektedir. Bu durumda döşemenin düzlem içi davranışının göz önüne alınması gerekmektedir

İzlenecek yol, döşemenin yeterli sayıda üç boyutlu kabuk elemanlara bölünerek oluşturulacak sonlu elemanlar modelinin statik veya dinamik analizinin yapılmasıdır. Modelde kat kütlelerinin döşeme düğüm noktalarına uygun bir tarzda dağıtılması gerekmektedir.

Özellikle plandaki yapı düzensizliklerinin (A2, A3 düzensizlikleri) çok olumsuz olması durumunda rijit diyafram modeli ile yapılan analiz hatalı sonuçlar verebilir.

#### Esnek Diyafram Etkisi

- Kendi düzlemi içinde sonsuz rijit diyafram kabulü geçerli olmayabilir.
- Deprem kuvvetinin perde duvarlar arasında dağılımı, elastik kabuller ile yaptığı dağılımdan değişik olur.



**Şekil 2.10.** Keskin köşelerde çatlaklar [7]

Keskin köşelerde döşemede olabilecek keskin köşelerden başlayan çatlaklar, sonsuz rijit diyafram kabulünü geçersiz kılmaktadır. Döşemeden kuvvet aktarımı küçük bir uzunlukta oluşur. Bu bağlantı yeterli olmazsa, perdenin yatay yük taşıma etkinliği büyük ölçüde kaybolur. Perde, ancak döşemede-perde bağlantı uzunluğunun yatay kuvvet aktarma kapasitesi kadar yatay yük taşıyabilir. [6]

Burulma düzensizliklerinin bulunduğu yapılar için Eş Değer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanmasında bazı kısıtlamalar olup bu yöntemin sonuçları, Mod Birleştirme Yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmaktadır. Genel olarak dinamik yöntemlerle, Düzensizliklerin bulunduğu sistemlerin çözümünün daha gerçekçi olduğu düşünülmektedir.

Ancak, bu yapılar için Mod Birleştirme Yöntemiyle elde edilen sonuçların yine de Eş Değer Deprem Yüğü Yönteminden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması öngörülmektedir. [6]

## 2.8. Analiz Yöntemleri

Yeni deprem yönetmeliğinde bina türü yapıların hesaplarında kullanılmak üzere üç yöntem önerilmektedir.

- a) Eş Değer Deprem yüğü yönetimi
- b) Mod birleştirme yöntemi
- c) Zaman tanım alanında hesap yöntemleri

Bu yöntemlerden Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri her türlü yapı sistemine uygulanabildiği halde, Eş Değer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabilmesinde deprem bölgesi,  $H_N$  yapı yüksekliği, A1 Burulma Düzensizliği ve B2 -Yumuşak Kat Düzensizliği ile ilgili koşullara bağlıdır.

### 2.8.1. Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi

Deprem hesabı yapılacak binalarda, Eş Değer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanabilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

**Çizelge 2.2.** Eş değer deprem yükünün uygulanabileceği binalar [3]

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca <b>B2</b> türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

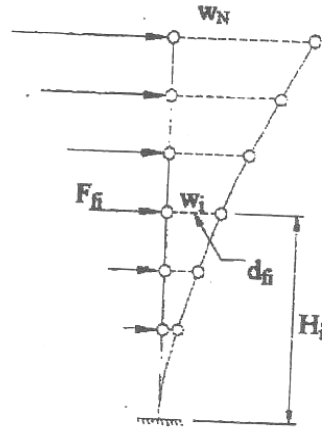
### 2.9.1.1. Eş Değer Deprem Yükü Yönteminin Adımları

- ABYYHY 2007' ye göre binaların deprem hesaplarının üç boyutlu yapı sistemi olarak modellenmesi gerekmektedir. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilir. Her katta iki yatay yer değiştirme bileşenleri göz önüne alınacaktır.
- Kat kütleleri kütle merkezinde tanımlanır.
- Katlara etkiyen yükler hesaplanır ( $F_{fi}$ )

$$F_{fi} = \frac{(w_j * H_j)}{\sum_{j=1}^N w_i * H_i} \quad (2.6)$$

$H_i$ : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliğidir.

$w_i$ : i'inci kat ağırlığıdır.



**Şekil 2.11.** Fiktif yükler ve yer değiştirmeleri [3]

- Bulunan fiktif yükler ( $F_{fi}$ ) seçilen deprem doğrultusunda yapının kat kütle merkezlerine yerleştirilerek statik analiz yapılır ve kuvvet doğrultusundaki deplasmanlar ( $d_{fi}$ ) bulunur.
- Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu ( $T_1$ ) hesaplanır.  
Yönetmelikte,  $T_1$ 'in hesabı:

Rayleigh oranı ile  $T_1'$  in hesabı:

$$T_1 = 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi})^2}{\sum_{i=1}^N (F_{fi} d_{fi})}} \quad (2.7)$$

$$m_i = W_i / g \quad (2.8)$$

$m_i$  = Binanın  $i$ ' inci katının kütlesi,

$d_{fi}$  :  $F_{fi}$  fiktif yüklemesinden dolayı, binanın  $i$ ' inci katında meydana gelen yatay yer değiştirmeyi göstermektedir.

Binanın birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh Oranı ile hesaplanması halinde, periyot değeri bir kere de Ampirik Formül ile de hesaplanacak ve bu formülden bulunan değerin  $T_{1A} > 1.0$  s olması durumunda,  $T_1'$  in deprem hesabında kullanılacak en büyük değeri  $T_{1A}$  'nın 1.30 katından daha büyük olmayacaktır.

Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi' nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu, Rayleigh Oranı ile hesaplanabilir. Ancak, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde  $H_N \leq 25$  m koşulunu sağlayan binaların üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi' nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodunun Ampirik Formül ile hesaplanmasına izin verilmiştir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde  $H_N > 25$  m olması durumunda ise Rayleigh Oranı ile hesaplanması zorunludur.

- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen Toplam Eş Değer Deprem Yüğü (Taban Kesme Kuvveti) ( $V_t$ ) hesaplanır.

$$V_t = W \cdot A \cdot (T_1) / R_a (T_1) \geq 0,10 \cdot A_o \cdot I \cdot W \quad (2.9)$$

Bu ifadedeki büyüklükler;

$W$ : Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığıdır.

$$W = \sum_{i=1}^N W_i \quad (2.10)$$



$$w_i = g_i + nq_i \quad (2.11)$$

$w_i$ : i' inci katın deprem sırasındaki toplam ağırlığı,

$g_i$ : i' inci katın toplam sabit yükü,

$q_i$ : i' inci katın toplam hareketli yükü,

$n$  : Hareketli yük katılım katsayısıdır.

**Çizelge 2.3.** Hareketli yük katılım katsayısı (n) [3]

BİNANIN KULLANIM AMACI	n
Depo, antre, vb.	0.8
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza vb.	0.6
Konut, iş yeri, otel, hastane, vb.	0.3

**Spektral İvme Katsayısı**  $[A(T_1)]$  : Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak % 5 sönüm oranı için Elastik Tasarım ivme Spektrum'un yerçekimi ivmesi  $g$ 'ye bölünmesine karşı gelen Spektral ivme Katsayısı,  $A(T_1)$ , aşağıdaki denklem ile verilmiştir.

$$A(T_1) = A_0 \cdot I \cdot S(T_1) \quad (2.12)$$

$A_0$  : Etkin Yer İvmesi Katsayısı,

$I$  : Bina Önem Katsayısı,

$S(T_1)$  : Spektrum Katsayısıdır.

**Etkin Yer İvmesi Katsayısı** ( $A_0$ ) : Maksimum deprem ivmesinin  $g$ ' ye oranı olarak tanımlıdır. Bu katsayı deprem analizini yaptığımız yapının hangi deprem bölgesinde olduğuna bağlı olarak aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Etkin yer ivmesi katsayısı (  $A_0$  ) [3]

DEPREM BÖLGESİ	$A_0$
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

**Bina Önem Katsayısı (I) :**Yapının kullanım amacına bağlı olarak belirlenmektedir. Aşağıda görüleceği üzere depremden hemen sonrası kullanımı gereken binalarda, tehlikeli madde içeren binalarda, insanların uzun süreli ve yoğun olarak buldukları binalarda bu katsayı daha büyüktür.

**Çizelge 2.5.** Bina önem katsayısı ( I ) [3]

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
<b>1.Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</b> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b)Toksik, patlayıcı, parlayıcı vb- özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
<b>2.İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</b> a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, ceza evleri, vb. b) Müzeler	1.4
<b>3.İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</b> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları vb.	1.2
<b>4. Diğer binalar</b> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar(Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapılan, vb.)	1.0

**Spektrum Katsayısı [ S ( T<sub>1</sub> ) ] :** Yerel zemin koşullarına ve yapının birinci doğal periyoduna bağlı olarak aşağıdaki denklem ile hesaplanacaktır.

$$S(T_1) = 1 + 1.5 T_1 / T_A \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (2.13)$$

$$S(T_1) = 2.5 \quad (T_A \leq T_1 \leq T_B) \quad (2.14)$$

$$S(T_1) = 2.5 (T_B / T_1)^{0.8} \quad (T_1 > T_B) \quad (2.15)$$

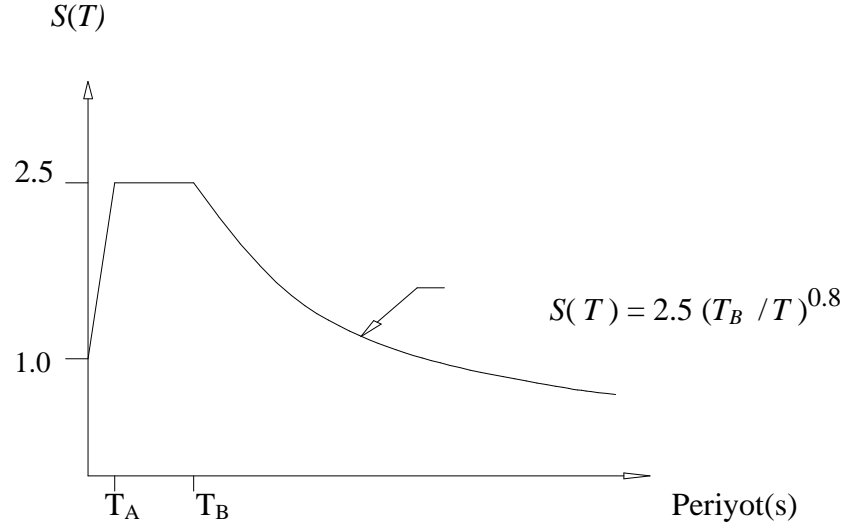
**Spektrum Karakteristik Periyotları ( T<sub>A</sub> , T<sub>B</sub> ) :** Bu periyotlar Yerel Zemin Sınıflarına bağlı olarak aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 2.6.** Spektrum karakteristik periyotları (T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub>) [3]

<b>YEREL ZEMİN</b>	<b>T<sub>A</sub></b>	<b>T<sub>B</sub></b>
<b>Z1</b>	0.10	0.30
<b>Z2</b>	0.15	0.40
<b>Z3</b>	0.15	0.60
<b>Z4</b>	0.20	0.90

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, aşağıdaki ilgili karakteristik periyotlar göz önüne alınarak denklem (2.13), (2.14) ve (2.15)'den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.

## Özel Tasarım İvme Spektrumları



Şekil 2.12. Tasarım ivme spektrumu grafiği [3]

Zemin sınıfına göre  $T_A = 0.1 - 0.2$  s arasında değişmektedir. Bu tür zeminlerde, spektrum eğrisinin  $0 \leq T \leq T_A$  bölümü arasında bulunan yapılar bir veya en çok iki katlı binalara karşı gelmektedir. Yeni deprem yönetmeliğinde spektrum katsayısı değeri  $S(T) \geq 0.1R$  alt sınırı verilmektedir. Spektrum katsayısı yukarıdan da görüleceği gibi maksimum değerini, yapı periyodu  $T$ ' nin spektrum karakteristik periyotları  $T_A$  ve  $T_B$  arasında yer aldığı zaman 2.5 değerine karşılık gelmektedir.

Yapı periyot değerlerinin  $T_B$  değerinden daha büyük olması durumunda ise spektrum katsayısı küçülmektedir. Yukarıdaki tasarım ivme spektrum grafiği %5 sönüm için hazırlanmıştır.

**Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı [  $R_a(T_1)$  ]:** Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere,  $A_0 \cdot I \cdot S(T_1)$  spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir.

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı,  $R_a(T_1)$ , çeşitli taşıyıcı sistemler için aşağıdaki çizelgede tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı,  $R'$  ye ve doğal titreşim periyodu,  $T'$  ye bağlı olarak aşağıdaki denklemler ile belirlenecektir.

$$R_a(T_1) = 1.5 + (R - 1.5) T_1 / T_A \quad (0 < T_1 < T_A) \quad (2.16)$$

$$R_a(T_1) = R \quad (T_1 > T_A) \quad (2.17)$$

**Çizelge 2.7.** Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) [3]

<b>BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ</b>	<b>Süneklik Düzeyi Normal Sistemler</b>	<b>Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler</b>
<b>Yerinde Dökme Betonarme Binalar</b>		
<b>(1.1)</b> Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar.....	4	8
<b>(1.2)</b> Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
<b>(1.3)</b> Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle Taşındığı binalar.....	4	6
<b>(1.4)</b> Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar.....	4	7

Toplam Eş Değer Deprem Yüğü (V) bina katlarına etkiyen Eş Değer Deprem Yüğülerinin toplamı olarak aşağıdaki ifade ile belirlenecektir.

$$V_t = \sum_{i=1}^N F_i \quad (2.18)$$

N:Toplam Kat Sayısı

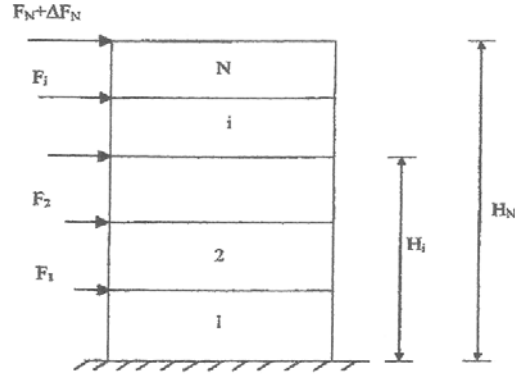
Binanın N' inci katına (tepesine) etkiyen ek Eş Değer Deprem Yüğü  $\Delta F_N$  ' in değeri, binanın toplam kat sayısına ve Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti) bağılı olarak, aşağıdaki ifade ile belirlenmektedir. Bu

tez kapsamında  $\Delta F_N = 0$  alınacaktır.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (2.19)$$

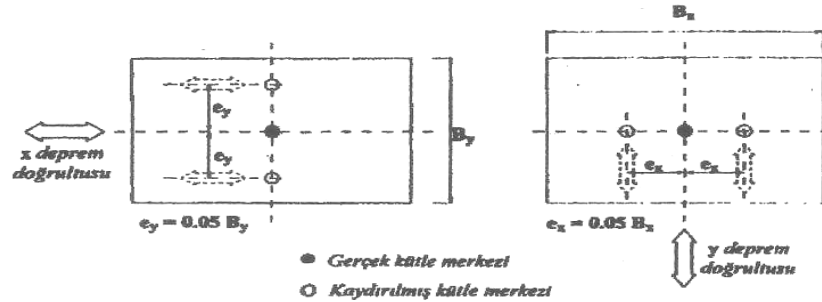
Toplam Eş Değer Deprem Yükünün  $F_N$  dışında geri kalan kısmı, N' inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına etkiyen Eş Değer Deprem Yükleri aşağıdaki denklem ile dağıtılacaktır.

$$F_i = V_t \frac{W_i H_i}{N \sum_{j=1}^N W_j H_j} \quad (2.20)$$



Şekil 2.13. Kat hizalarına etkiyen eş değer deprem yükleri [3]

Her katta belirlenen Eş Değer Deprem Yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılması için kaydırılmış kütle merkezlerine tekil yatay yük olarak uygulanmalıdır. Yapılan Analiz sonucunda kat deplasmanları ve iç kuvvetler bulunur. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin  $\pm$  %5 kaydırılması ile belirlenen noktalardır.



Şekil 2.14. Kaydırılmış kütle merkezleri [3]

A1 burulma düzensizliği ve B2 yumuşak kat düzensizliği kontrolleri yapılır.

Yapılan kontrollerde,

1 ve 2. Derece Deprem bölgelerinde  $\eta_{bi} > 1.5$  ise dinamik analiz yapılması zorunludur.

$1.2 < \eta_{bi} < 2$  ise eksantrisite değerleri  $D_1$  katsayısı ile çarpılarak büyütülmeli ve yeniden Eş Değer Deprem Yükleri büyütülmüş eksantrisite değerlerinin olduğu yerlere uygulanarak analiz tekrarlanmalıdır.

$$D = (\eta_{bi}/1.2)^2 \quad (2.21)$$

\* Göreli Kat Ötelemeleri kontrolü yapılır.

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yer değiştirme farkını ifade eden

- Göreli Kat Ötelemesi,

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (2.22)$$

$d_i$  ve  $d_{i-1}$ , binanın  $i$ ' inci ve  $(i-1)$ ' inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir  $i$ 'inci katındaki kolon veya perdelerde, (2.22) denklemi ile hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $(\Delta_i)_{\max}$  aşağıda verilenlerden elverişsiz olanı sağlayacaktır.

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02/R \quad (2.23)$$

Yukarıda verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacak ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb.), elde edilen göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanmalıdır.

- İkinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılır.

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri aşağıda belirtildiği gibi göz önüne alınabilir.

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe Gösterge Değeri,  $\theta_i$ 'nin (2.24) ile verilen koşulun sağlanması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i H_i} \quad (2.24)$$

Burada;

$(\theta_i)_{ort}$  : i' inci kattaki kolon ve perdelerle hesaplanan görece kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değerini,

$V_i$  = i' inci kattaki kesme kuvvetini,

$H_i$  : i' inci kat yüksekliği

$N$

$\sum_{j=1}^N w_j$  : i' inci katın üstündeki kat ağırlıkları toplamını göstermektedir.

$j=1$

İkinci Mertebe Gösterge Değeri,  $\theta_i$  değerinin herhangi bir katta 0.12' den büyük olması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde artırılarak deprem hesabı tekrarlanmalıdır. [10]

$$\theta_i \leq 0.12 \quad (2.25)$$

Yatay yüklere karşı kirişleri birbirine bağlayarak yapıyı rijitlendirmek gerekir. Döşemeler genelde kirişlere, bazen de kolonlara oturur. Kirişsiz döşemeleri olan yapılar genellikle esnek olduklarından deprem kuvvetleri altında



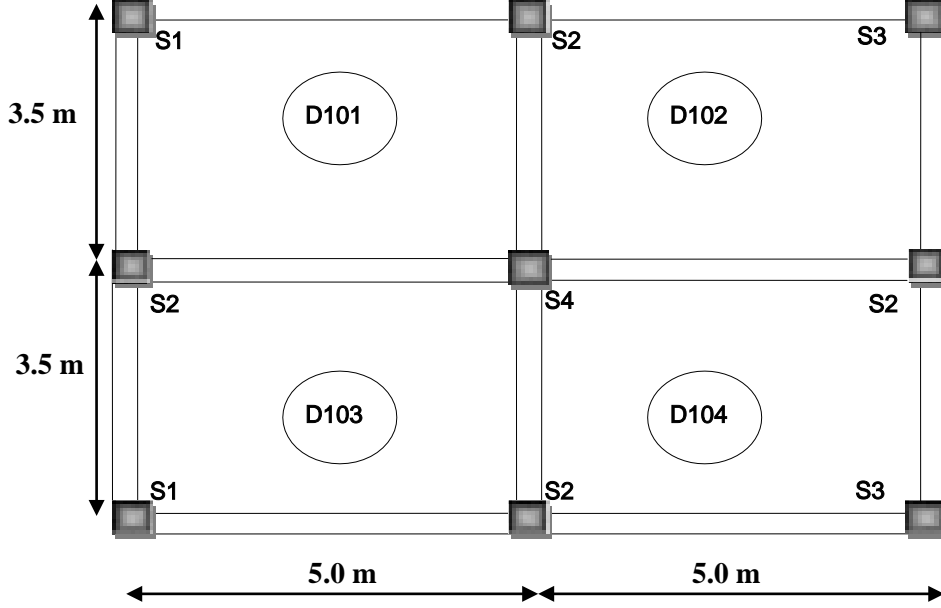
büyük yatay ötelenmeler yaparlar. İkinci dereceden momentlerin şiddetli depremlerde kritik durumlar yaratma ihtimali vardır. Depremlerde yapıya gelen kuvvetler yapının ağırlığı ile orantılıdır. Yapının ağır olması deprem etkisini artıracaktır. Kesiteri küçük tutarak kuvvetin azalmasını sağlanması halinde yapı esnek olacak, yatay yükler altında büyük öteleme deplasman yapmasına sebep olabilecektir. Büyük ötelemeler ikinci dereceden momentlerin oluşmasına yol açtıklarından yapının göçme olasılığı artacaktır. Betonarme yapılarda bölme ve dolguların hafif olması önem kazanmaktadır.

Yapıların planları basit ve simetrik olmalıdır. Basit ve simetrik olmayan yapılarda ise analizler güç olması nedeniyle statik ve dinamik çözümler hassas yapılmamaktadır. Ayrıca simetrik olmayan yapılarda burulma etkisi de ortaya çıkmaktadır.

Yapılara deprem anında kuvvetlerin etkidiği noktalar yapının kütle merkezidir. Bir bakıma bu noktalar yapının geometrik merkezidir. Rijitlik merkezi ise yapının taşıyıcı elemanlarının rijitlikleri merkezidir. Kütle merkezi ile rijitlik merkezlerinin farklı oluşu yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıyı düşey bir eksen çevresinde burmasına sebep olmaktadır. Kolonlar, rijitlik merkezinden olan uzaklıklarına göre burulma momentlerini doğurduğu etkileri almaya başlar. [6]

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

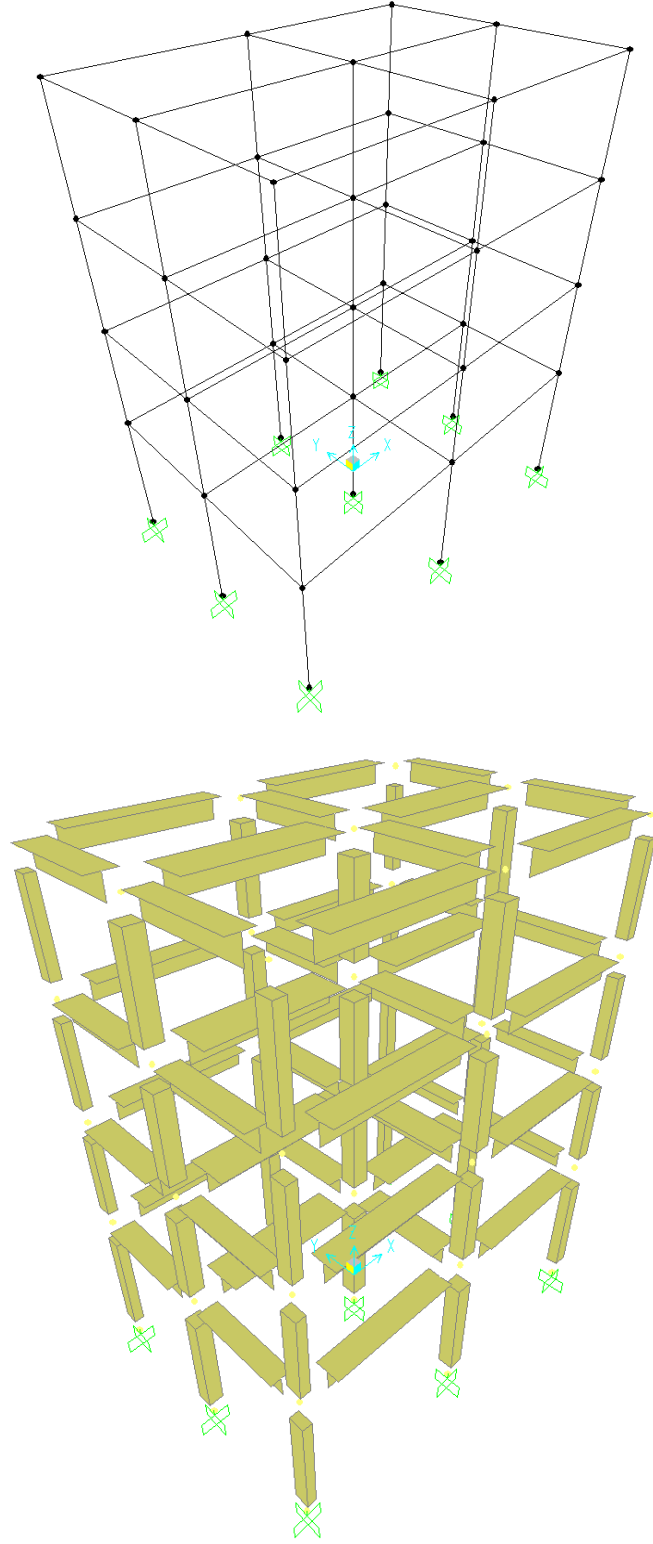
Analizlerde kullanılan bina X-yönünde 10 m ve Y-yönünde 7 m'dir. Bina X ve Y yönlerinde simetrik olup herhangi bir düzensizlik bulunmamaktadır. Binaya ait kat planı ve kolon boyutları Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Modellere ait kat planı

Çizelge 3.1. Kolon boyutları (Ölçüler cm cinsindedir.)

KAT	S1	S2	S3	S4
4-3	25*35	40*40	30*30	45*45
2-1	25*40	40*40	40*30	45*45



**Şekil 3.2.** 4 katlı binanın SAP2000 modeli

Modellerin analizinde; SAP2000 programı yardımıyla Eş Değer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır.

Modellerde beton sınıfı olarak C20 kalitesinde beton kullanılmıştır. Ayrıca halatlar ST52 kalitesindedir (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2.** Modellerde kullanılan malzemeler

The image displays two side-by-side screenshots of the 'Material Property Data' dialog box in SAP2000. The left screenshot is for a concrete material named 'C20'. It shows the following values: Modulus of Elasticity (E) = 28000000, Poisson's Ratio (U) = 0.2, Coefficient of Thermal Expansion (A) = 0, Shear Modulus (G) = 11666667, and Specified Concrete Compressive Strength (f'c) = 20684.274. The right screenshot is for a steel material named 'ÇELİK HALAT'. It shows the following values: Modulus of Elasticity (E) = 2.100E+08, Poisson's Ratio (U) = 0.3, Coefficient of Thermal Expansion (A) = 1.170E-05, Shear Modulus (G) = 80769231, Minimum Yield Stress (Fy) = 353000, Minimum Tensile Stress (Fu) = 608000, Effective Yield Stress (Fye) = 306956, and Effective Tensile Stress (Fue) = 528695.

### 3.1. Model-1 Mevcut Durum (Boş Çerçeve)

Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb. olabilir. Mevcut durumda dolgu duvarların ve halatların bina performansına olan katkısı düşünülmemiştir.

**Çizelge 3.3.** Model-1 ait döşeme yükleri

KAT	Sabit Yük ( $\text{kN/m}^2$ )	Hareketli Yük ( $\text{kN/m}^2$ )
Çatı	4,50	-
Normal	4,50	2,00

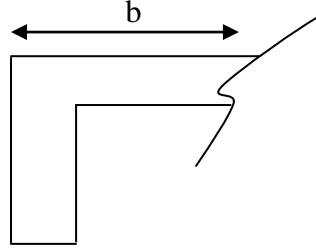
### 3.1.1. Model-1 Mevcut Durum (Boş Çerçeve)

Döşeme :12 cm

Duvar Kalınlığı : 20 cm (Normal katlarda dış çevre kirişleri üzerinde) 6.00 kN/m duvar yükü ve 10 cm (Normal katlarda iç kirişler üzerinde) 3.00 kN/m duvar yükü vardır. Çatı katı kirişleri üzerinde duvar yükü yoktur.

Kirişler :Kenar kirişler yarım tablalı (YT) ,ortadaki kirişler tam tablalı (TT) kiriş olarak analiz yapılmıştır.Kirişlerde etkili tabla genişliği aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Kiriş kendi ölü ağırlığı ortalama 2.75 kN/m alınmıştır.

- Yarım Tablalı(YT):



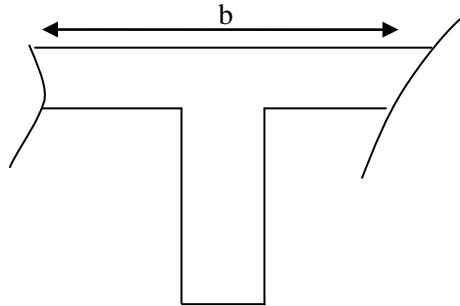
Şekil 3.3. Model-1'e ait yarım tablalı kesit

$$b = b_w + 0.1 * l_p \quad l_p = 0.8 * l \text{ (sürekli kiriş kenar açıklığı)} \quad (3.1)$$

$$b = 0.25 + 0.1 * (0.8 * 5.0 \text{ m}) = 0.65 \text{ m YTX (yarım tablalı X -yönü)}$$

$$b = 0.25 + 0.1 * (0.8 * 3.5 \text{ m}) = 0.53 \text{ m YTY (yarım tablalı Y -yönü)}$$

- Tam Tablalı(TT):



Şekil 3.4. Model-1'e ait tam tablalı kesit

$$b = b_w + 0.2 * l_p \quad l_p = 0.8 * l \quad (\text{sürekli kiriş kenar açıklığı}) \quad (3.2)$$

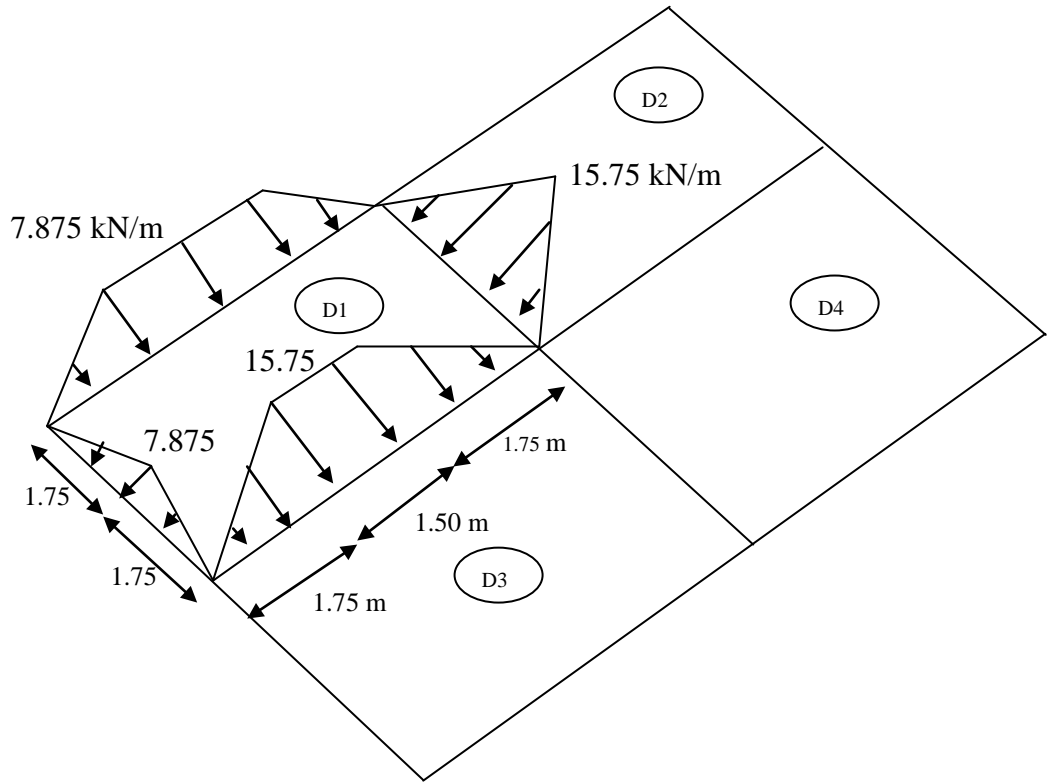
$$b = 0.25 + 0.2 * (0.8 * 5.0 \text{ m}) = 1.05 \text{ m TTX (tam tablalı X -yönü)}$$

$$b = 0.25 + 0.2 * (0.8 * 3.5 \text{ m}) = 0.81 \text{ m TTY (tam tablalı Y -yönü)}$$

- Döşemelerden aktarılan yükler Şekil 3.5'de şematik olarak gösterildiği gibi üçgen ve yamuk (trapez) şekilde kirişlere etkirler.

$$\frac{l_u}{l_k} = \frac{5}{3.5} = 1.43 < 2.0 \text{ olduğundan döşemeler çift doğrultuda}$$

çalışmaktadır. Bundan dolayı döşemelerden kirişlere yük aktarımı aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 3.5. Modellerde ait döşemelerden kirişlere gelen yükler (Sabit Yük G)

$$= \frac{1}{2} * P * l_k = \frac{1}{2} * 4.5 * 3.5 = 7.875 \text{ kN/m} \quad (3.3)$$

Ortadaki kirişlere her iki döşemeden de yük geldiği için 7.875 kN/m iki katı alınıp bu kirişlere etkilmiştir. Diğer yüklerde benzer şekilde hesaplanmıştır.

### 3.1.1.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 4  
Bodrum kat Sayısı : -  
Bina önem katsayısı : 1  
Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçeveli sistem  
Kat yükseklikleri : Birinci kat 4.0 m diğer üç kat 3.0'er m'dir.

### 3.1.1.2. Deprem Bilgileri

Deprem bölgesi : 1  
Etkin yer ivmesi katsayısı :  $A_0=0.40$   
Yerel zemin sınıfı : Z2  
Spektrum karakteristik periyotları :  $T_A=0.15, T_B=0.40$   
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı : 8  
Deprem yönü : X ve Y

### 3.1.1.3 Kat Ağırlıkları

**Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n): W (kN)**

**Çizelge 3.4.** Model-1 'e ait döşeme hareketli yük artırma katsayıları

DöşemeAdı	Hareketli Yük Artırma Katsayısı (n) (Konut türü yapılar)
D1	0.3
D2	0.3
D3	0.3
D4	0.3

**Çizelge 3.5.**Model-1 'e ait kat ağırlıkları

KAT NO	W (kN)
1	549.0
2	615.8
3	694.9
4	694.9
$\Sigma$	2554.6

**3.1.1.4. Model-1 ait Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı:**

**Çizelge 3.6.** Model-1 'e ait fiktif yüklerin hesabı

Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i*H_i$	Oran = $\frac{W_i*H_i}{\Sigma W_i*H_i}$
4	3	13	549.0	7136.7	0.341
3	3	10	615.8	6157.8	0.294
2	3	7	694.9	4864.1	0.232
1	4	4	694.9	2779.5	0.133
Toplam			2554.6	20938.1	

**3.1.1.5. Modal Analiz ile Bina Periyodu ve Toplam Eş Değer Deprem Yükü Hesabı**

SAP2000 Programı ile model çözülürken mode sayısı 12 (her katta 3 kütle (3 serbestlik dereceli X ve Y yönünde ötelenme, Z yönünde dönme) bulunmakta toplam 4 katlı yapı,  $3*4=12$ ) olarak girilir. Ve çözüm sonucunda bulunan periyot asal periyottur ve direk deprem hesabında bu kullanılır. SAP2000 ile Periyot hesabından aşağıdaki değerler bulunmuştur.

$$T_x=0.50373 \text{ s}$$

$$T_y=0.52466 \text{ s}$$



Bina önem katsayısı I=1.0 (konut)

Deprem yükü azaltma katsayısı: (0.50373, 0.52466 > T<sub>A</sub>) R(T<sub>x,y</sub>)=R=8

Spektrum katsayısı:(0.50373,0.52466>T<sub>B</sub>) ise  $S(T_{x,y}) = 2,5*(T_B/T)^{0,8}$  (3.4)

$$S(T_x) = 2.5*(0.4/0.50373)^{0.8} = 2.08$$

$$S(T_y) = 2.5*(0.4/0.52466)^{0.8} = 2.01$$

Spektral ivme katsayısı:

$$A(T_x) = A_0 * I * S(T_x) = 0.40 * 1 * 2.08 = 0.832 \quad (3.5)$$

$$A(T_y) = A_0 * I * S(T_y) = 0.40 * 1 * 2.01 = 0.804$$

Toplam Eş Değer Deprem Yükü:

$$V(T_x) = W * A(T_x) / R_a(T_x) = 2554.6 * 0.832 / 8 = 256.67 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$V(T_y) = W * A(T_y) / R_a(T_y) = 2554.6 * 0.804 / 8 = 256.73 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$W = g_i + n * q_i \quad (n=0.3 \text{ konutlarda})$$

### 3.1.1.6. Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

$$F = (V_t - \Delta F_n) \frac{W_i H_i}{\sum_{J=1}^N W_j H_j} \quad \Delta F_n = 0 \quad (3.6)$$

**Çizelge 3.7.** Model-1 'e ait deprem kuvveti yönleri ve dış merkezlik

Yükleme Adı	Yükleme Tipi	Deprem Yönü	Dış Merkezlik
EXP	Quake	X	0,05
EXN	Quake	X	-0,05
EYP	Quake	Y	0,05
EYN	Quake	Y	-0,05

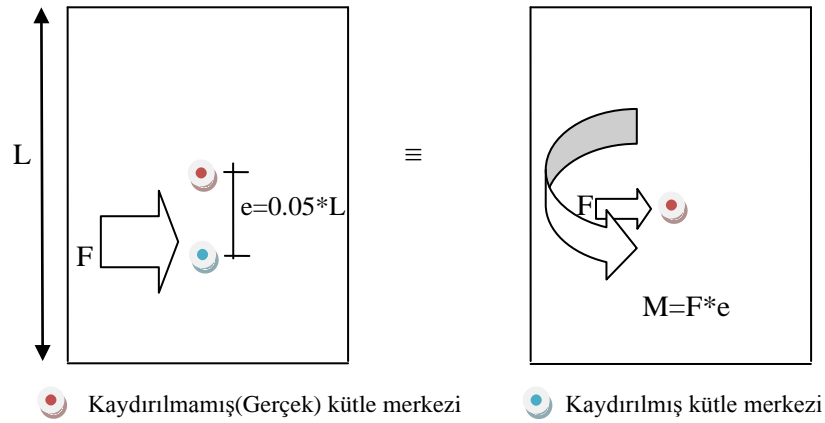
EXP: X-yönünde pozitif deprem kuvveti

EYP: Y-yönünde pozitif deprem kuvveti

EXN: X-yönünde negatif deprem kuvveti

EYN: Y-yönünde negatif deprem kuvveti

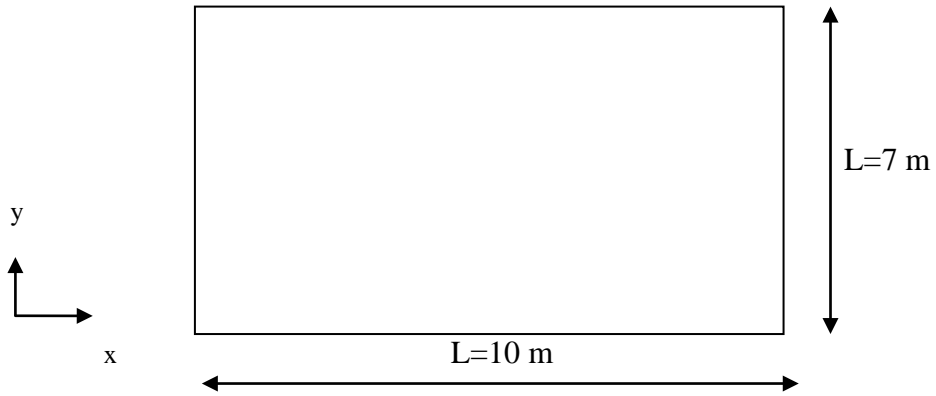
Deprem yönetmeliğine göre deprem yükleri  $\pm 0.05$  dışmerkezlikler de göz önüne alınarak kat hizalarına etki ettirilecektir. Deprem yükleri her katta belirlenen Eş Değer Deprem Yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil kuvvet olarak uygulanmıştır.



**Şekil 3.6.** Model-1'e ait kaydırılmış kütle merkezi

**Çizelge 3.8.** Model-1'e ait eş değer kat deprem yükleri

Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i*H_i$	oran	$F_{ix}$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)	$M_{ix}$ (kN-m)	$M_{iy}$ (kN-m)
4	3	13	549.0	7136.7	0.341	87.52	87.54	30,63	43.77
3	3	10	615.8	6157.8	0.294	75.46	75.48	26.41	37.74
2	3	7	694.9	4864.1	0.232	59.54	59.56	20.84	29.78
1	4	4	694.9	2779.5	0.133	34.14	34.15	11.95	17.10
Toplam			2554.6	20938.1		256.67	256.73		



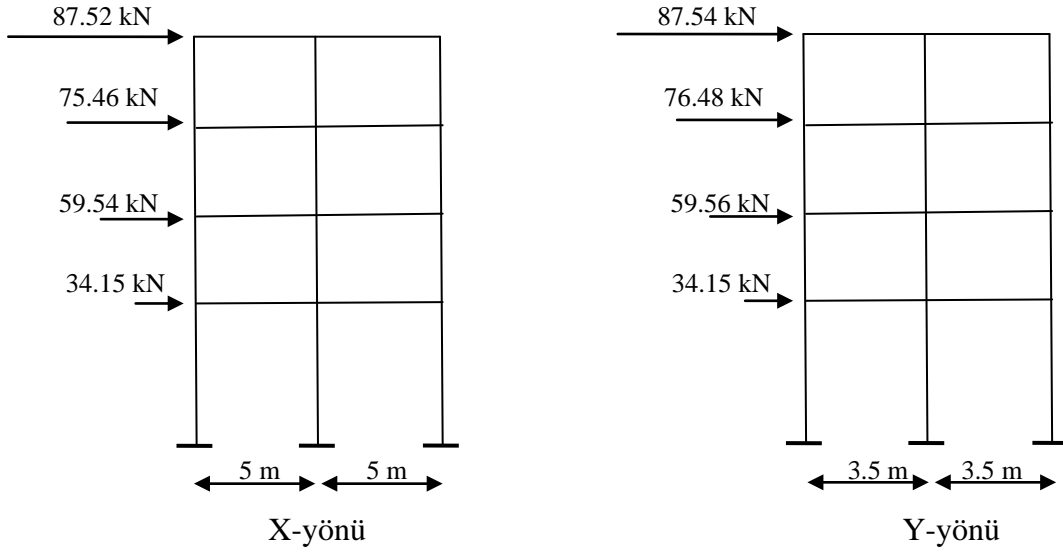
**Şekil 3.7.** Model-1'e ait kat planı

$$\text{Örnek: } F_{ix} = 256.67 \frac{7136.7}{20938.1} = 87.52 \text{ kN} \quad (3.7)$$

$$M_{ix} = F_{ix} * 0.05 * L$$

$$= 87.52 * 0.05 * 7 \text{ m} = 30.63 \text{ kN-m}$$

Diğer kuvvetler ve momentlerde örnekte gösterildiği şekilde bulunmuş ve binanın kütle merkezine etki ettirilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Model-1'e ait katlara etkiyen deprem kuvvetleri

### 3.1.1.7. Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Çizelge 3.9. Model-1'e ait göreli kat ötelenmeleri kontrolü

Kat No	$h_i$ (m)	$(\Delta i)_{\max} / h_i$
4	3	0,000377
3	3	0,000664
2	3	0,000851
1	4	0,001041

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R = 0.0025$$

### 3.1.1.8. Bina Periyotları

Çizelge 3.10. Model-1'e ait bina periyotları

Bina Periyotları (s)	
$T_x$	$T_y$
0,50373	0,52466

### 3.1.1.9. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler

Çizelge 3.11. Model-1'e ait maksimum iç kuvvetler

Maksimum İç Kuvvetler	
V (kN)	M (kN-m)
4282,19	5948,42

### 3.2. Model-2 Betonarme Perde ile Güçlendirilmiş Durum

Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb. olabilir. Betonarme perde ile güçlendirilmiş durumda dolgu duvarların ve halatların bina performansına olan katkısı düşünülmemiştir.

Dolgulu çerçevelerin oluşturduğu perde kesit alanı, her bir doğrultuda, aşağıda verilen orandan az olmamalıdır. Denklemdaki  $\sum A_w$ , o doğrultudaki perdelerin (dolgulu çerçeve) toplam kesit alanı,  $\sum A_{pi}$  tüm katların plan alanının toplamı,  $A_{pt}$  ise binanın tabandaki plan alanıdır.

$$\begin{aligned}\sum A_w &\geq 0.0025 \sum A_{pi} \\ &\geq 0.01 A_{pt}\end{aligned}\quad (3.8)$$

Çizelge 3.12. Model-2 ait döşeme yükleri

KAT	Sabit Yük (kN/m <sup>2</sup> )	Hareketli Yük (kN/m <sup>2</sup> )
Çatı	4,50	-
Normal	4,50	2,00

### 3.2.1. Model-2 Betonarme Perde ile Güçlendirilmiş Durum

Döşeme :12cm

Duvar Kalınlığı : 20 cm (Normal katlarda dış çevre kirişleri üzerinde) 6.00 kN/m duvar y¼k¼ ve 10 cm (Normal katlarda i kirişler üzerinde) 3.00 kN/m duvar y¼k¼ vardır. atı katı kirişleri üzerinde duvar y¼k¼ yoktur.

Kirişler :Kenar kirişler yarım tablalı (YT) ,ortadaki kirişler tam tablalı (TT) kiriş olarak analiz yapılmıştır.Kirişlerde etkili tabla genişliği b¼l¼m 3.1.1’de g¼sterildięi şekilde hesaplanmıştır. Kiriş kendi ¼l¼ ağırlığı ortalama 2.75 kN/m alınmıştır.

### 3.2.1.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 4  
Bodrum kat Sayısı : -  
Bina ¼nem katsayısı : 1  
Taşıyıcı sistem t¼r¼ : Yerinde d¼kme betonarme çerçeveli sistem  
Kat y¼kseklikleri : Birinci kat 4.0 m diğer ¼ kat 3.0’er m’dir.

### 3.2.1.2. Deprem Bilgileri

Deprem b¼lgesi : 1  
Etkin yer ivmesi katsayısı :  $A_0=0.40$   
Yerel zemin sınıfı : Z2  
Spektrum karakteristik periyotları :  $T_A=0.15, T_B=0.40$   
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı : 8  
Deprem y¼n¼ : X ve Y

### 3.2.1.3 Kat Ağırlıkları

**Hareketli Y¼k Katılım Katsayısı (n): W (kN)**

**Çizelge 3.13.** Model-2'e ait döşeme hareketli yük artırma katsayıları

DöşemeAdı	Hareketli Yük Artırma Katsayısı (n) (Konut türü yapılar)
D1	0.3
D2	0.3
D3	0.3
D4	0.3

**Çizelge 3.14.** Model-2'e ait kat ağırlıkları

KAT NO	W (kN)
1	661.5
2	728.3
3	807.4
4	807.4
Σ	3004.6

#### 3.2.1.4. Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı:

**Çizelge 3.15.** Model-2'e ait fiktif yüklerin hesabı

Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i*H_i$	Oran = $\frac{W_i*H_i}{\sum W_i*H_i}$
4	3	13	661.5	8599.5	0.347
3	3	10	728.3	7283.0	0.294
2	3	7	807.4	5651.8	0.228
1	4	4	807.4	3229.6	0.130
Toplam			30004.6	24763.9	

### 3.2.15. Modal Analiz ile Bina Periyodu ve Toplam Eş Değer Deprem Yüğü Hesabı

SAP2000 Programı ile model çözülürken mode sayısı 12 (her katta 3 kütle (3 serbestlik dereceli X ve Y yönünde ötelenme, Z yönünde dönme) bulunmakta toplam 4 katlı yapı,  $3*4=12$ ) olarak girilir. Ve çözüm sonucunda bulunan periyot asal periyottur ve direk deprem hesabında bu kullanılır. SAP2000 ile Periyot hesabından aşağıdaki değerler bulunmuştur.

$$T_x=0.37316 \text{ s}$$

$$T_y=0.38842 \text{ s}$$

Bina önem katsayısı  $I=1.0$  (konut)

Deprem yükü azaltma katsayısı:  $(0.37316, 0.38842 > T_A)$   $R(T_{x,y})=R=7$  (Deprem Yüklerinin, çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar)

Spektrum katsayısı:  $(T_A < 0.37316, 0.38842 < T_B)$  ise  $S(T_{x,y})=2,5$

Spektral ivme katsayısı:

$$A(T_x)=A_0 * I * S(T_x)=0.40 * 1 * 2.5=1.0 \quad (3.11)$$

$$A(T_y)=A_0 * I * S(T_y)=0.40 * 1 * 2.5=1.0$$

Toplam Eş Değer Deprem Yüğü :

$$V(T_x)= W * A(T_x) / R_a(T_x)=3004.6 * 1.0 / 7=429.23 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$V(T_y)= W * A(T_y) / R_a(T_y)=3004.6 * 1.0 / 7=429.23 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$W=g_i+n*q_i \text{ (n=0.3 konutlarda)}$$



### 3.2.1.6. Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

Model-2 ait deprem kuvveti yönleri ve dış merkezlikler Model-1'deki ile aynıdır. Deprem yönetmeliğine göre deprem yükleri  $\pm 0.05$  dışmerkezlikler de göz önüne alınarak kat hizalarına etki ettirilecektir. Deprem yükleri her katta belirlenen Eş Değer Deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil kuvvet olarak uygulanmıştır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_n) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N W_j H_j} \quad \Delta F_n = 0 \quad (3.12)$$

**Çizelge 3.16.** Model-2'e ait eş değer kat deprem yükleri

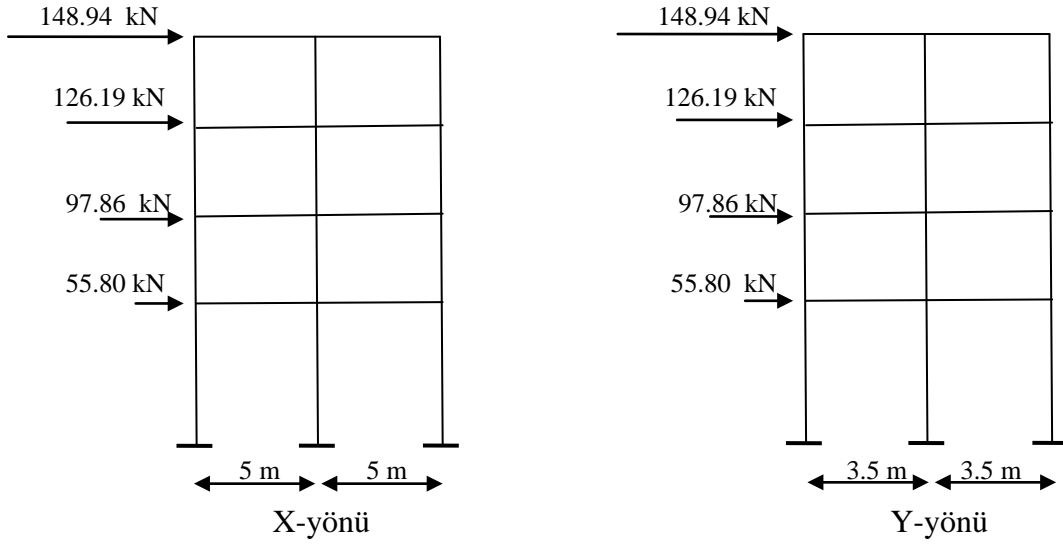
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i * H_i$	oran	$F_{ix}$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)	$M_{ix}$ (kN-m)	$M_{iy}$ (kN-m)
4	3	13	661.5	8599.5	0.347	148.94	148.94	52.13	74.47
3	3	10	728.3	7283.0	0.294	126.19	126.19	44.17	63.10
2	3	7	807.4	5651.8	0.228	97.86	97.86	34.25	48.93
1	4	4	807.4	3229.6	0.130	55.80	55.80	19.53	27.90
Toplam			30004.6	24763.9		428.79	428.79		

$$\text{Örnek: } F_{ix} = 429.23 \frac{8599.5}{24763.9} = 148.94 \text{ kN} \quad (3.13)$$

$$M_{ix} = F_{ix} * 0.05 * L$$

$$= 148.94 * 0.05 * 7 \text{ m} = 52.13 \text{ kN-m}$$

Diğer kuvvetler ve momentlerde örnekte gösterildiği şekilde bulunmuş ve binanın kütle merkezine etki ettirilmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Model-2'e ait katlara etkiyen deprem kuvvetleri

### 3.2.1.7. Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Çizelge 3.17. Model-2'e ait göreli kat ötelenmeleri kontrolü

Kat No	$h_i$ (m)	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$
4	3	0,000589
3	3	0,000734
2	3	0,000801
1	4	0,000520

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R = 0.0025$$

### 3.2.1.8. Bina Periyotları

Çizelge 3.18. Model-2'e ait bina periyotları

Bina Periyotları (s)	
$T_x$	$T_y$
0,37316	0,38842

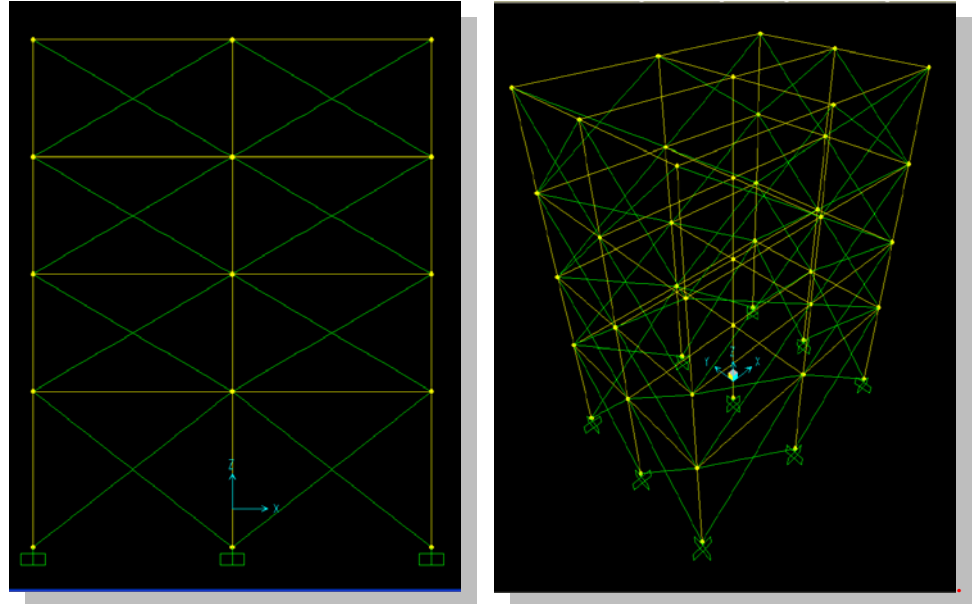
### 3.2.1.9. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler

Çizelge 3.19. Model-2'e ait maksimum iç kuvvetler

Maksimum İç Kuvvetler	
V( kN)	M (kN-m)
56988,96	93106,77

### 3.3. Model-3 Tüm Dış Akslar Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum

Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb. olabilir. Model-3'de bina performansını artırmak için dolgu duvarların bina performansına etkisi düşünülmeden sadece çelik halatlarla ve çelik halatlarında tüm aks açıklıklarında en alt kattan en üst kata kadar devam edecek şekilde, sadece halat çapları değiştirilerek halatların bina performansına katkısı bu modelde araştırılmaya çalışılmıştır.



Şekil 3.10. Tüm dış akslar çelik halatlarla güçlendirildiği durum (Model-3)

**Çizelge 3.20.** Model-3 ait döşeme yükleri

KAT	Sabit Yük (kN/m <sup>2</sup> )	Hareketli Yük (kN/m <sup>2</sup> )
Çatı	4,50	-
Normal	4,50	2,00

**3.3.1. Model-3 Tüm Dış Akslar Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum  
(Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm)**

Model-3 ait denenen kablo çapları ile ilgili olarak tüm katlarda halat çapı 1 cm olan binanın deprem hesabı ve sonuçları örnek olarak verilmiştir. Denenen diğer iterasyonlarda aynı şekilde hesaplanmıştır.

Döşeme : 12cm

Duvar Kalınlığı : 20 cm (Normal katlarda dış çevre kirişleri üzerinde) 6.00 kN/m duvar yükü ve 10 cm (Normal katlarda iç kirişler üzerinde) 3.00 kN/m duvar yükü vardır. Çatı katı kirişleri üzerinde duvar yükü yoktur.

Kirişler : Kenar kirişler yarım tablalı (YT) ,ortadaki kirişler tam tablalı (TT) kiriş olarak analiz yapılmıştır.Kirişlerde etkili tabla genişliği bölüm 3.1.1’de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Kiriş kendi ölü ağırlığı ortalama 2.75 kN/m alınmıştır.

**3.3.1.1. Bina Bilgileri**

Kat sayısı : 4

Bodrum kat Sayısı : -

Bina önem katsayısı :1

Taşıyıcı sistem türü : Yerde dökme betonarme çerçeve sistem

Kat yükseklikleri : Birinci kat 4.0 m diğer üç kat 3.0’er m’dir.

### 3.3.1.2. Deprem Bilgileri

Deprem bölgesi	: 1
Etkin yer ivmesi katsayısı	: $A_0=0.40$
Yerel zemin sınıfı	: Z2
Spektrum karakteristik periyotları	: $T_A=0.15, T_B=0.40$
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	: 8
Deprem yönü	: X ve Y

### 3.3.1.3 Kat Ağırlıkları

**Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n): W (kN)**

**Çizelge 3.21.** Model-3'e ait döşeme hareketli yük artırma katsayıları

DöşemeAdı	Hareketli Yük Artırma Katsayısı (n) (Konut türü yapılar)
D1	0.3
D2	0.3
D3	0.3
D4	0.3

**Çizelge 3.22.** Model-3'e ait kat ağırlıkları

KAT NO	W (kN)
4	551.3
3	618.1
2	697.2
1	697.2
$\Sigma$	2563.9

### 3.3.1.4. Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı:

Çizelge 3.23. Model-3'e ait fiktif yüklerin hesabı

Kat	$h_i(m)$	$H_i(m)$	$W_i(kN)$	$W_i*H_i$	Oran = $\frac{W_i*H_i}{\sum W_i*H_i}$
4	3	13	551.3	7167.4	0.341
3	3	10	618.1	6181.4	0.294
2	3	7	697.2	4880.7	0.232
1	4	4	697.2	2788.9	0.132
Toplam			2563.9	21018.5	

### 3.3.1.5. Modal Analiz ile Bina Periyodu ve Toplam Eş Değer Deprem Yükü Hesabı

SAP2000 Programı ile model çözüldürken mode sayısı 12 (her katta 3 kütle bulunmakta, toplam 4 katlı yapı,  $3*4=12$ ) olarak girilir. Ve çözüm sonucunda bulunan periyot asal periyottur ve direk deprem hesabında bu kullanılır. SAP2000 ile Periyot hesabından aşağıdaki değerler bulunmuştur.

$$T_x=0.46944 \text{ s}$$

$$T_y=0.48166 \text{ s}$$

Bina önem katsayısı  $I=1.0$  (konut)

Deprem yükü azaltma katsayısı:  $(0.46944, 0.48166 > T_A)$   $R(T_{x,y})=R=8$

Spektrum katsayısı:  $(0.46944, 0.48166 > T_B)$  ise  $S(T_{x,y})=2.5*(T_B/T)^{0.8}$  (3.16)

$$S(T_x) = 2.5*(0.4/0.46944)^{0.8} = 2.20$$

$$S(T_y) = 2.5*(0.4/0.48166)^{0.8} = 2.15$$

Spektral ivme katsayısı:

$$A(T_x)=A_0*I*S(T_x)=0.40*1*2.20 = 0.88 \quad (3.17)$$

$$A(T_y)=A_0 * I * S^*(T_y)=0.40 * 1 * 2.15=0.86$$

Toplam Eş Değer Deprem Yüğü:

$$V(T_x)= W * A(T_x) / R_a(T_x)=2563.9 * 0.88 / 8=282.03 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$V(T_y)= W * A(T_y) / R_a(T_y)= 2563.9 * 0.86 / 8=275.62 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$W=g_i+n*q_i \text{ (n=0.3 konutlarda)}$$

### 3.3.1.6. Eş Değer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı

Model-3 ait deprem kuvveti yönleri ve dış merkezlikler Model-1'deki ile aynıdır. Deprem yönetmeliğine göre deprem yükleri  $\pm 0.05$  dışmerkezlikler de göz önüne alınarak kat hizalarına etki ettirilecektir. Deprem yükleri her katta belirlenen Eş Değer Deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil kuvvet olarak uygulanmıştır.

$$F=(V_t-\Delta F_n) \frac{W_i H_i}{\sum_{J=1}^N W_j H_j} \quad \Delta F_n=0 \quad (3.18)$$

**Çizelge 3.24.** Model-3'e ait eş değer kat deprem yükleri

Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i * H_i$	oran	$F_{ix}$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)	$M_{ix}$ (kN-m)	$M_{iy}$ (kN-m)
4	3	13	551.3	7167.4	0.341	96.17	94.00	33.66	47.00
3	3	10	618.1	6181.4	0.294	82.92	81.03	29.02	40.52
2	3	7	697.2	4880.7	0.232	65.43	63.94	22.90	31.97
1	4	4	697.2	2788.9	0.132	37.23	36.38	13.03	18.19
Toplam			2563.9	21018.5		281.75	275.35		

$$\text{Örnek: } F_{ix} = 282.03 \frac{7167.4}{21018.5} = 96.17 \text{ kN} \quad (3.19)$$

$$M_{ix} = F_{ix} * 0.05 * L \\ = 96.17 * 0.05 * 7 \text{ m} = 33.66 \text{ kN-m}$$

Diğer kuvvetler ve momentlerde örnekte gösterildiği şekilde bulunmuş ve binanın kütle merkezine etki ettirilmiştir (Şekil 3.12).

### 3.3.1.7. Güçlendirmede Kullanılacak Halatların Isısal Genleşme Hesabı

Uzama Katsayısı ve Uzama Miktarı: Birim uzunlukta bulunan bir maddenin sıcaklığı 1 °C artırıldığında boyunda görülen uzama miktarına o maddenin uzama katsayısı denir. Bir maddenin ısı enerjisi alınca boyunda görülen uzama ise o maddenin uzama miktarını verir. Uzama miktarını şu formülle bulunur.

Uzama Miktarı = Boy x Uzama Katsayısı x Sıcaklık Değişimi

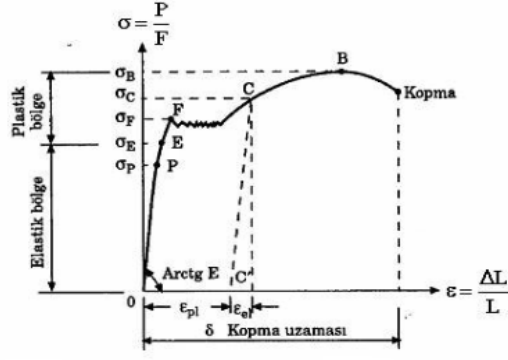
$$\Delta L = L * C * \Delta t \quad (3.20) \\ = 6.5 \text{ m (en uzun halat boyu)} * 0,000012 * 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ = 0.234 \text{ cm}$$

$$\varepsilon = \sigma / E \quad \Delta L = [\sigma * L] / E = [P * L] / [E * F] \quad (3.21)$$

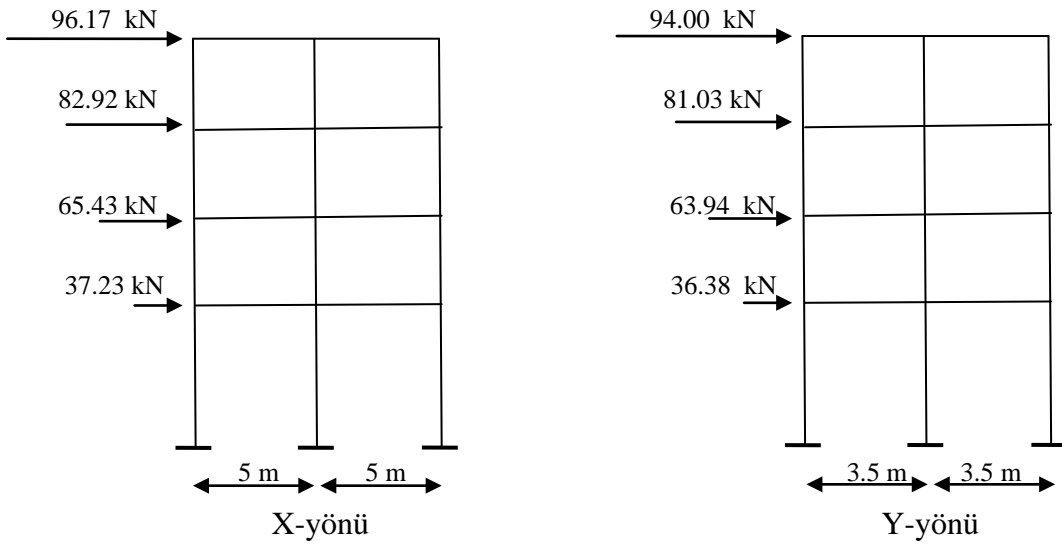
$$P = \frac{\Delta L * E * F}{L} \\ = \frac{0.234 * 2.1 * 10^6 * (3.14 * 1.5^2 / 4)}{650} \\ = 1335.96 \text{ kg} = 13.36 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{\Delta L * E}{L} \\ = \frac{0.234 * 2.1 * 10^6}{650} \leq \sigma_{em} \\ = 756 \text{ kg/cm}^2 \leq 3600 \text{ kg/cm}^2 (= \sigma_B)$$





Şekil 3.11. Çelik için gerilme-şekil değiştirme ( $\sigma$ -  $\epsilon$ ) bağıntısı



Şekil 3.12. Model-3 ait katlara etkiyen deprem kuvvetleri

### 3.3.1.8. Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Çizelge 3.25. Model-3'e ait görelî kat ötelenmeleri kontrolü

Kat No	$h_i$ (m)	$(\Delta i)_{\max} / h_i$
4	3	0,000314
3	3	0,000552
2	3	0,000709
1	4	0,000858

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R = 0.0025$$

### 3.3.1.9. Bina Periyotları

Çizelge 3.26. Model-3'e ait bina periyotları

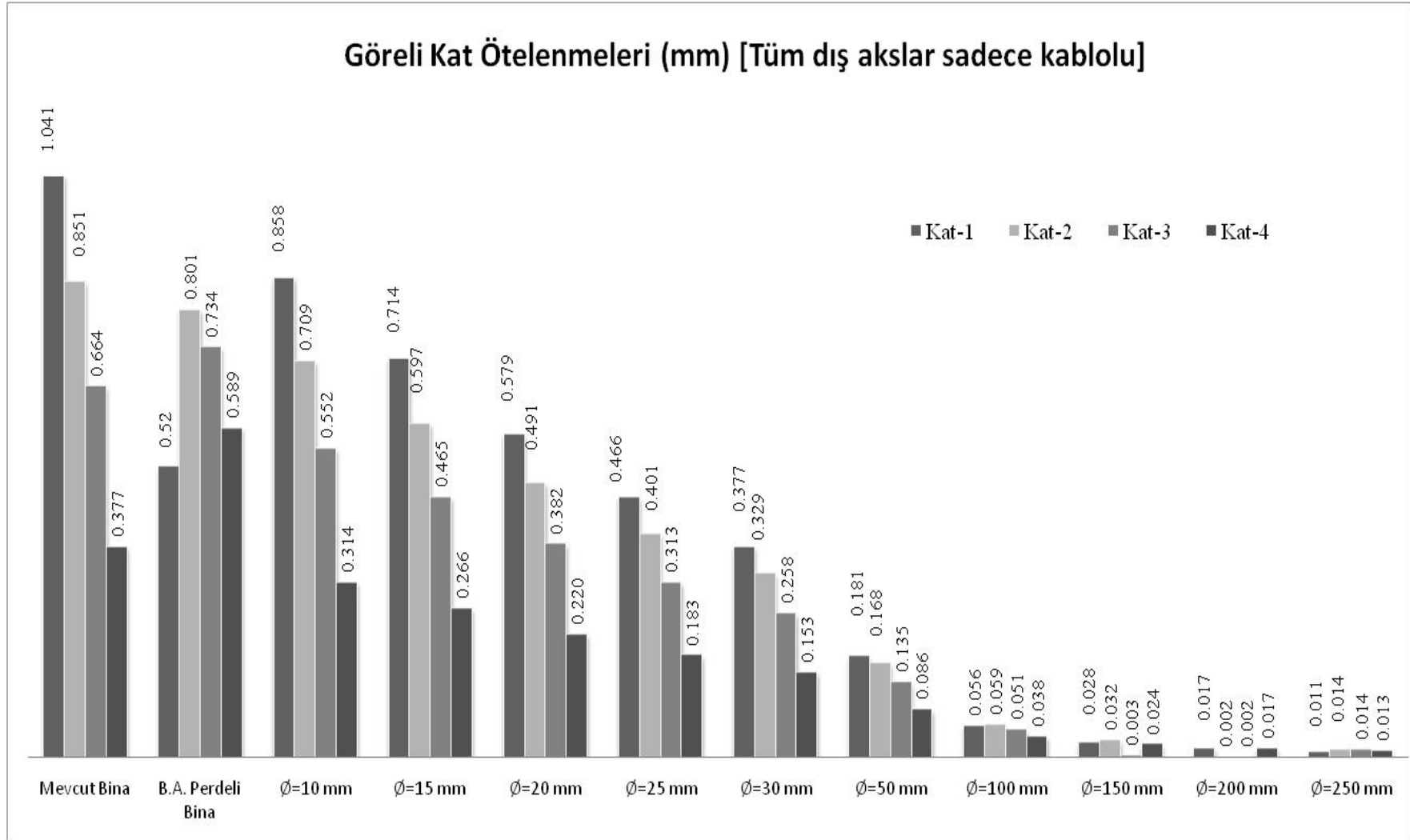
Bina Periyotları (s)	
$T_x$	$T_y$
0,46944	0,48166

### 3.3.1.10. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler

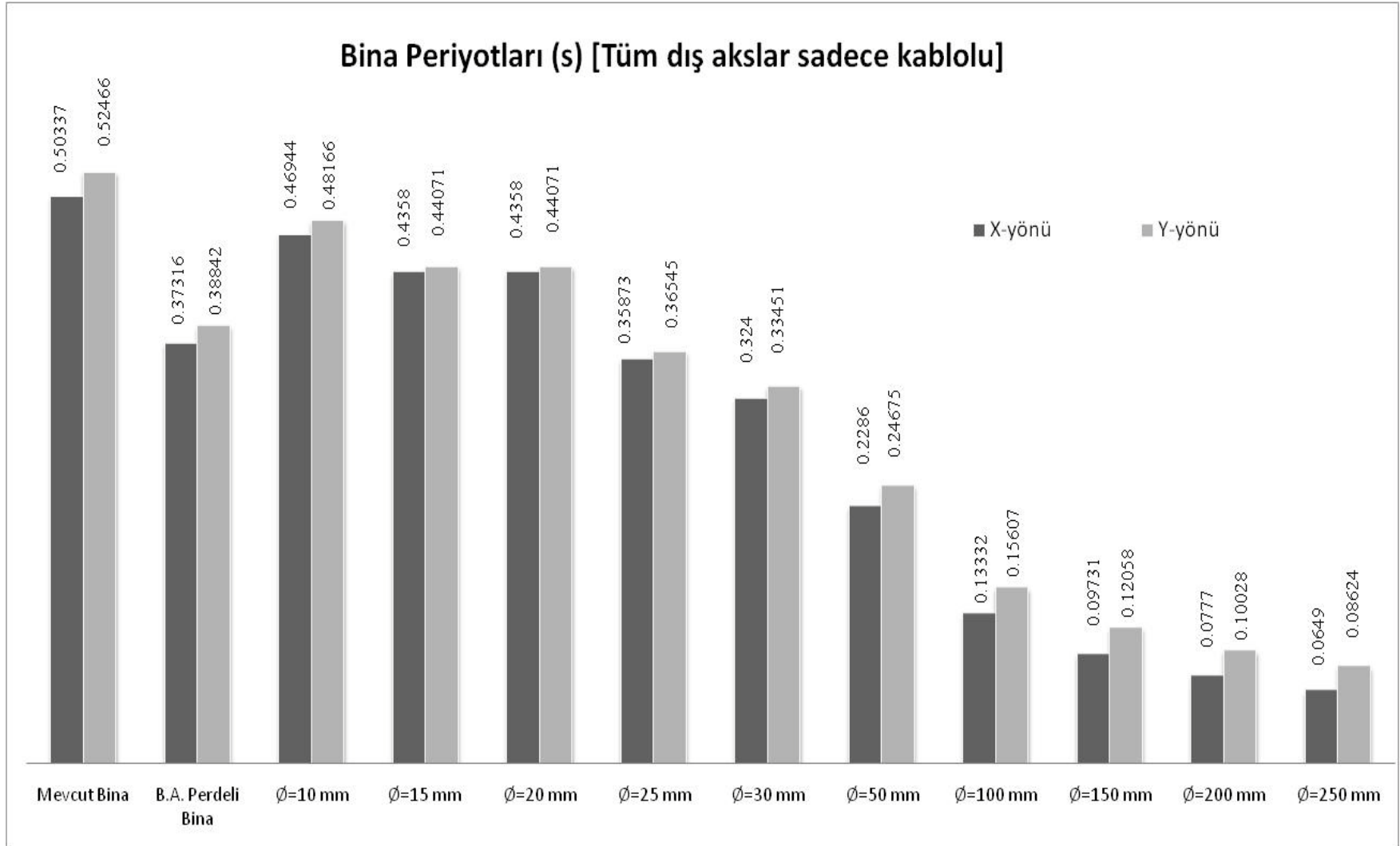
Çizelge 3.27. Model-3'e ait maksimum iç kuvvetler

Maksimum İç Kuvvetler	
V (kN)	M (kN-m)
5687,04	8558,22

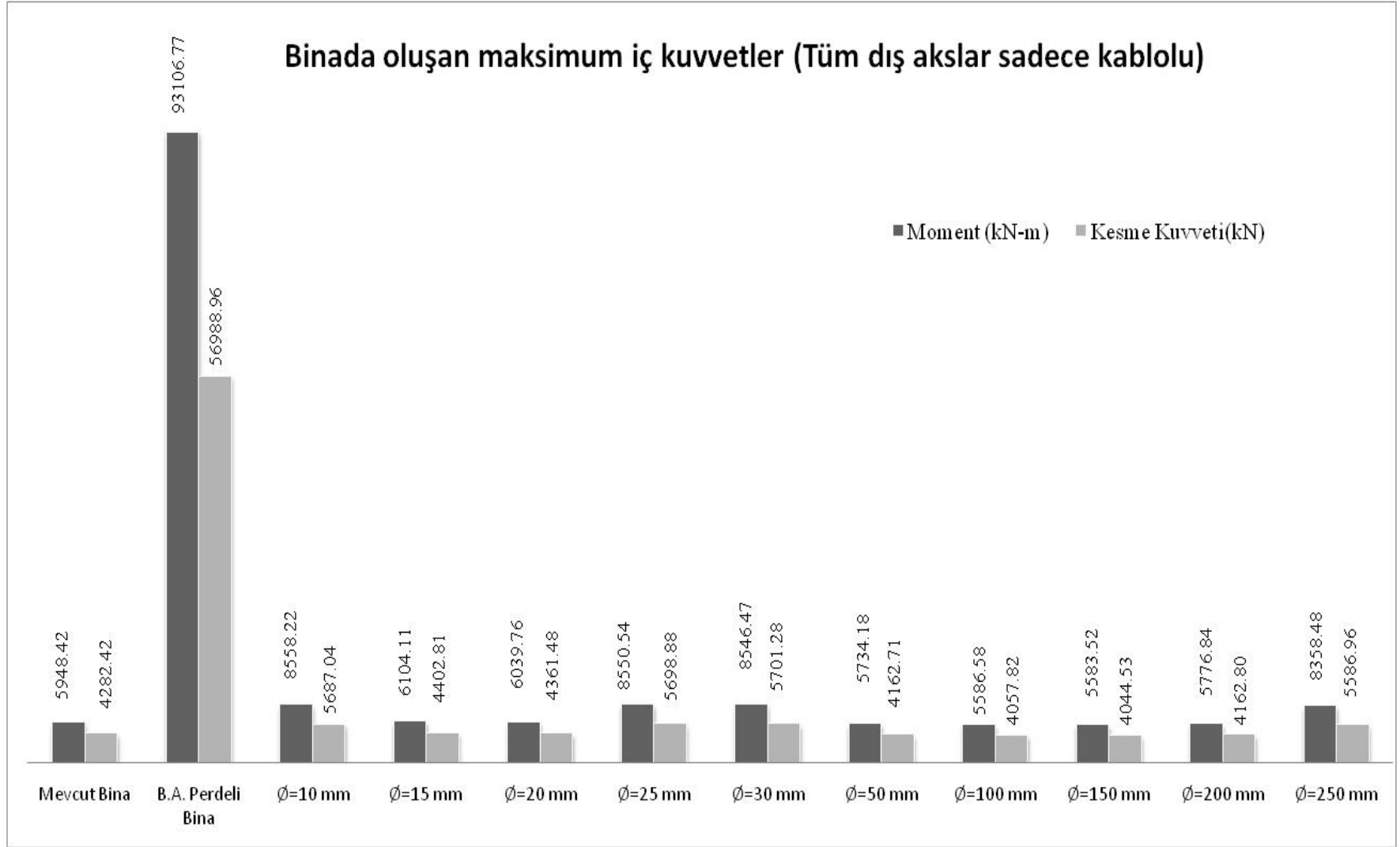
Diğer modellere ait sonuçlar Şekil 3.13, 3.14 ve 3.15'de grafiksel olarak verilmiştir. Diyagonal eleman olan kablolar yüksek kapasitede düktil olup, çekmede büyük bir plastik deformasyon yapma kapasitesine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı kablo çapı ve miktarı artıkça bina daha düktil hale gelmektedir. Ayrıca kablo çapı ve miktarı artıkça binanın rijitliğide artmakta ve buna bağlı olarak binada oluşan görelî kat ötelenmeleri, bina periyotları ve içsel kuvvetler azalmaktadır.



**Şekil 3.13.** Görel kat ötelenmeleri (Tüm dış akslar sadece kablolu)



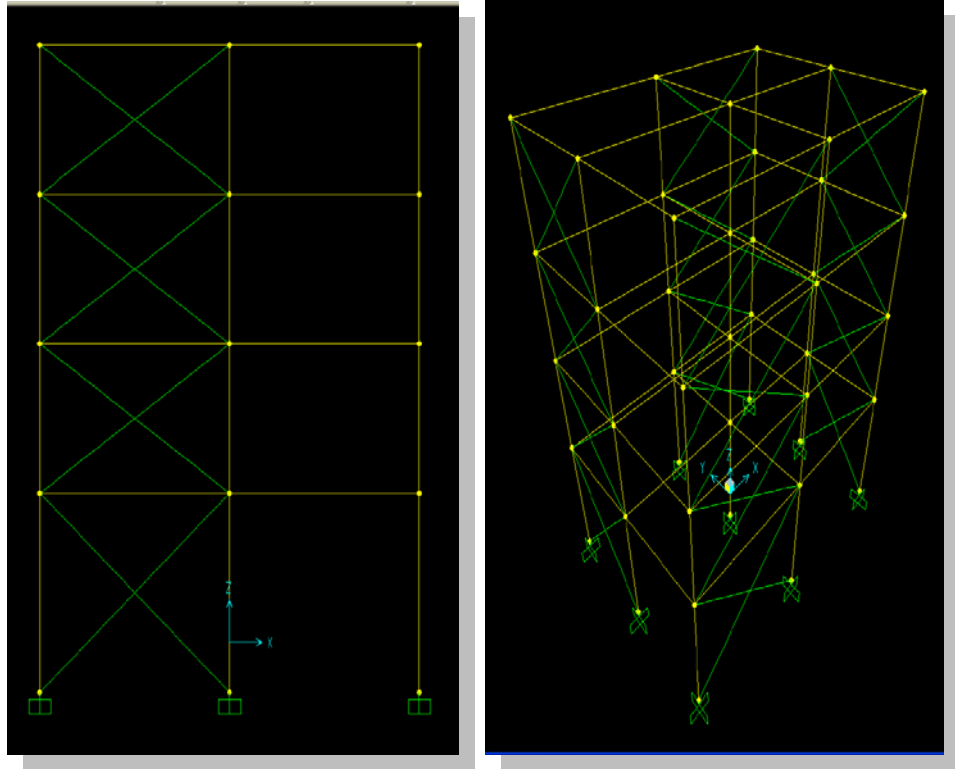
**Şekil 3.14.** Bina periyotları (Tüm dış akslar sadece kablolu)



**Şekil 3.15.** Bina oluşun maksimum iç kuvvetler (Tüm dış akslar sadece kablolu)

### 3.4. Model-4 Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum

Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapılar, vb. olabilir. Model-4’de bina performansını artırmak için dolgu duvarların bina performansına etkisi düşünülmeden sadece çelik halatlarla ve çelik halatlarında aks atlanarak (dolu-boş) en alt kattan en üst kata kadar devam edecek şekilde, sadece halat çapları değiştirilerek halatların bina performansına katkısı bu modelde araştırılmaya çalışılmıştır.



Şekil 3.16. Aks atlanarak (Dolu-Boş) çelik halatlarla güçlendirildiği durum (Model-4)

Çizelge 3.28. Model-4 ait döşeme yükleri

KAT	Sabit Yük ( $\text{kN/m}^2$ )	Hareketli Yük ( $\text{kN/m}^2$ )
Çatı	4,50	-
Normal	4,50	2,00

### 3.4.1. Model-4 Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum (Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm)

Model-4 ait denenen kablo çapları ile ilgili olarak tüm katlarda halat çapı 1 cm olan binanın deprem hesabı ve sonuçları örnek olarak verilmiştir. Denenen diğer iterasyonlarda aynı şekilde hesaplanmıştır.

Döşeme :12cm

Duvar Kalınlığı : 20 cm (Normal katlarda dış çevre kirişleri üzerinde) 6.00 kN/m duvar yükü ve 10 cm (Normal katlarda iç kirişler üzerinde) 3.00 kN/m duvar yükü vardır. Çatı katı kirişleri üzerinde duvar yükü yoktur.

Kirişler : Kenar kirişler yarım tablalı (YT) ,ortadaki kirişler tam tablalı (TT) kiriş olarak analiz yapılmıştır.Kirişlerde etkili tabla genişliği bölüm 3.1.1’de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Kiriş kendi ölü ağırlığı ortalama 2.75 kN/m alınmıştır.

#### 3.4.1.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 4

Bodrum kat Sayısı : -

Bina önem katsayısı :1

Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçevesel sistem

Kat yükseklikleri : Birinci kat 4.0 m diğer üç kat 3.0’er m’dir.

#### 3.4.1.2. Deprem Bilgileri

Deprem bölgesi : 1

Etkin yer ivmesi katsayısı :  $A_0=0.40$

Yerel zemin sınıfı : Z2

Spektrum karakteristik periyotları :  $T_A=0.15$ ,  $T_B=0.40$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı : 8

Deprem yönü : X ve Y

### 3.4.1.3. Kat Ağırlıkları

#### Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n): W (kN)

Çizelge 3.29. Model-4'e ait döşeme hareketli yük artırma katsayıları

Döşeme Adı	Hareketli Yük Artırma Katsayısı (n) (Konut türü yapılar)
D1	0.3
D2	0.3
D3	0.3
D4	0.3

Çizelge 3.30. Model-4'e ait kat ağırlıkları

KAT NO	W (kN)
4	551.3
3	618.1
2	697.2
1	697.2
Σ	2563.9

### 3.4.1.4. Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı:

Çizelge 3.31. Model-4'e ait fiktif yüklerin hesabı

Kat	$h_i(m)$	$H_i(m)$	$W_i(kN)$	$W_i*H_i$	Oran = $\frac{W_i*H_i}{\sum W_i*H_i}$
4	3	13	551.3	7167.4	0.341
3	3	10	618.1	6181.4	0.294
2	3	7	697.2	4880.7	0.232
1	4	4	697.2	2788.9	0.132
Toplam			2563.9	21018.5	



### 3.4.1.5. Modal Analiz ile Bina Periyodu ve Toplam Eş Değer Deprem Yüğü Hesabı

SAP2000 Programı ile model çözülürken mode sayısı 12 (her katta 3 kütle (3 serbestlik dereceli X ve Y yönünde ötelenme, Z yönünde dönme) bulunmakta toplam 4 katlı yapı,  $3*4=12$ ) olarak girilir. Ve çözüm sonucunda bulunan periyot asal periyottur ve direk deprem hesabında bu kullanılır. SAP2000 ile Periyot hesabından aşağıdaki değerler bulunmuştur.

$$T_x=0.48575 \text{ s}$$

$$T_y=0.50185 \text{ s}$$

Bina önem katsayısı  $I=1.0$  (konut)

Deprem yükü azaltma katsayısı:  $(0.48575, 0.50185 > T_A)$   $R(T_{x,y})=R=8$

Spektrum katsayısı:  $(0.48575, 0.50185 > T_B)$  ise  $S(T_{x,y})=2.5*(T_B/T)^{0.8}$  (3.24)

$$S(T_x) = 2.5*(0.4/0.48575)^{0.8} = 2.14$$

$$S(T_y) = 2.5*(0.4/0.50185)^{0.8} = 2.09$$

Spektral ivme katsayısı:

$$A(T_x)=A_0*I*S(T_x)=0.40*1*2.14 = 0.86 \quad (3.25)$$

$$A(T_y)=A_0*I*S(T_y)=0.40*1*2.09=0.84$$

Toplam Eş Değer Deprem Yüğü:

$$V(T_x)= W* A(T_x)/ R_a(T_x)=2563.9*0.86/8=275.62 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$V(T_y)= W* A(T_y)/ R_a(T_y)= 2563.9*0.84/8=269.21 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$W=g_i+n*q_i \text{ (n=0.3 konutlarda)}$$

### 3.4.1.6. Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

Model-4 ait deprem kuvveti yönleri ve dış merkezlikler Model-1'deki ile aynıdır. Deprem yönetmeliğine göre deprem yükleri  $\pm 0.05$  dışmerkezlikler de göz önüne alınarak kat hizalarına etki ettirilecektir. Deprem yükleri her katta belirlenen

Eş Değer Deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil kuvvet olarak uygulanmıştır.

$$F = (V_t - \Delta F_n) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N W_j H_j} \quad \Delta F_n = 0 \quad (3.26)$$

**Çizelge 3.32.** Model-4'e ait eş değer kat deprem yükleri

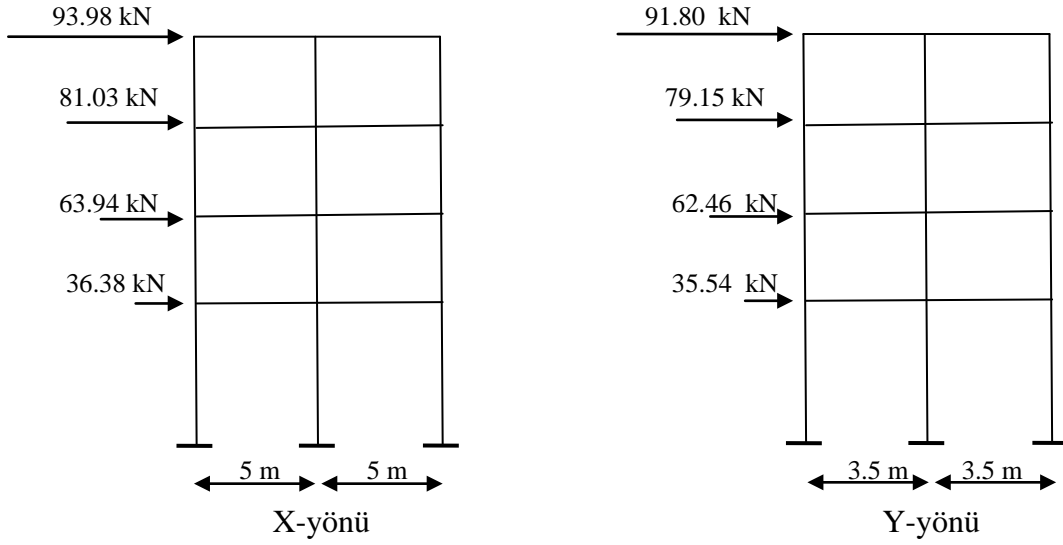
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i * H_i$	oran	$F_{ix}$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)	$M_{ix}$ (kN-m)	$M_{iy}$ (kN-m)
4	3	13	551.3	7167.4	0.341	93.98	91.80	32.89	49.90
3	3	10	618.1	6181.4	0.294	81.03	79.15	28.36	39.58
2	3	7	697.2	4880.7	0.232	63.94	62.46	22.38	31.23
1	4	4	697.2	2788.9	0.132	36.38	35.54	12.73	17.77
Toplam			2563.9	21018.5		275.33	268.95		

$$\text{Örnek: } F_{ix} = 275.62 \frac{7167.4}{21018.5} = 93.98 \text{ kN} \quad (3.27)$$

$$M_{ix} = F_{ix} * 0.05 * L$$

$$= 93.98 * 0.05 * 7 \text{ m} = 32.89 \text{ kN-m}$$

Diğer kuvvetler ve momentlerde örnekte gösterildiği şekilde bulunmuş ve binanın kütle merkezine etki ettirilmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Model-4 ait katlara etkiyen deprem kuvvetleri

### 3.4.1.7. Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Çizelge 3.33. Model-4'e ait göreli kat ötelenmeleri kontrolü

Kat No	$h_i$ (m)	$(\Delta i)_{\max} / h_i$
4	3	0,000340
3	3	0,000598
2	3	0,000767
1	4	0,000933

$$(\Delta i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R = 0.0025$$

### 3.4.1.8. Bina Periyotları

Çizelge 3.34. Model-4'e ait bina periyotları

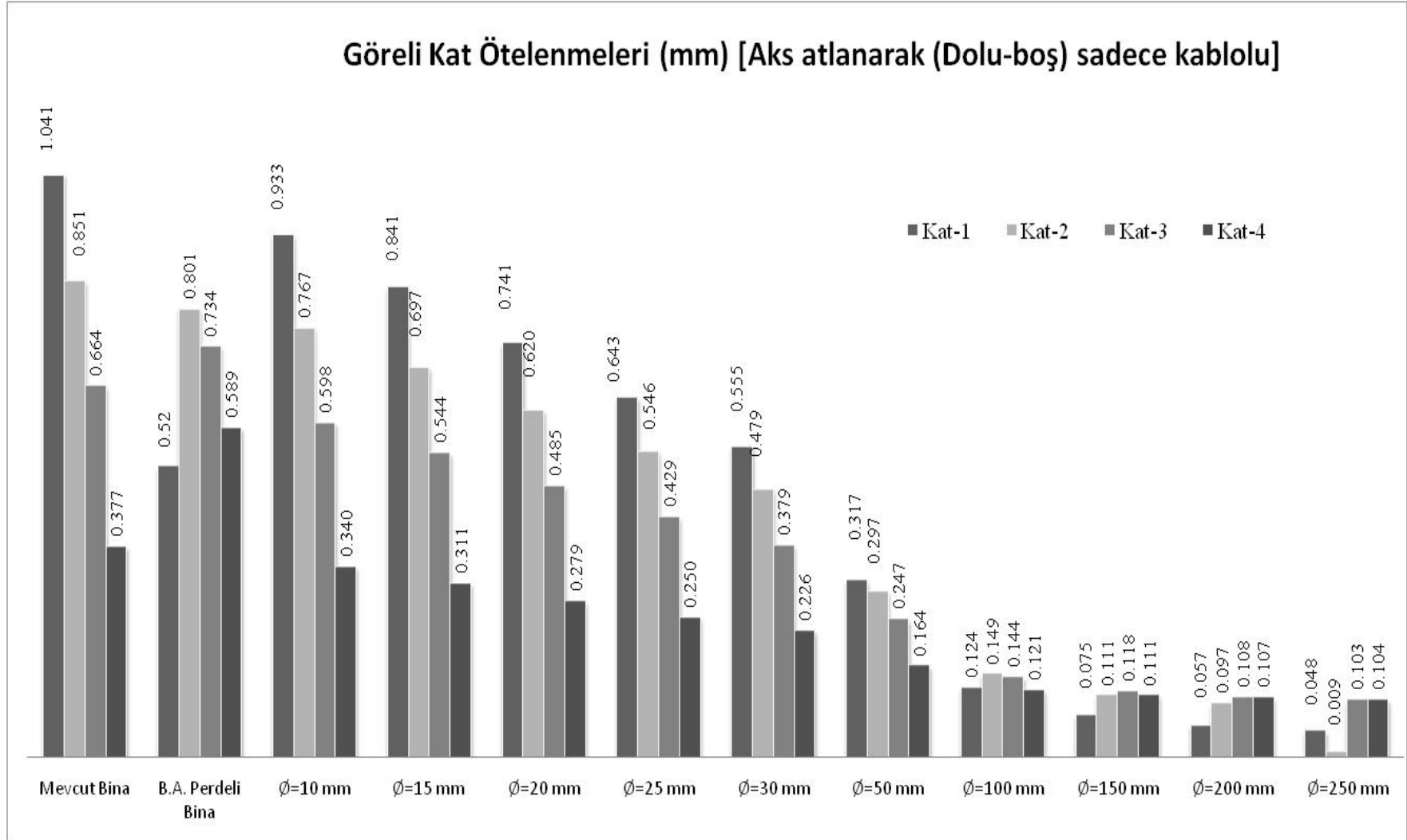
Bina Periyotları (s)	
$T_x$	$T_y$
0,48575	0,50185

### 3.4.1.9. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler

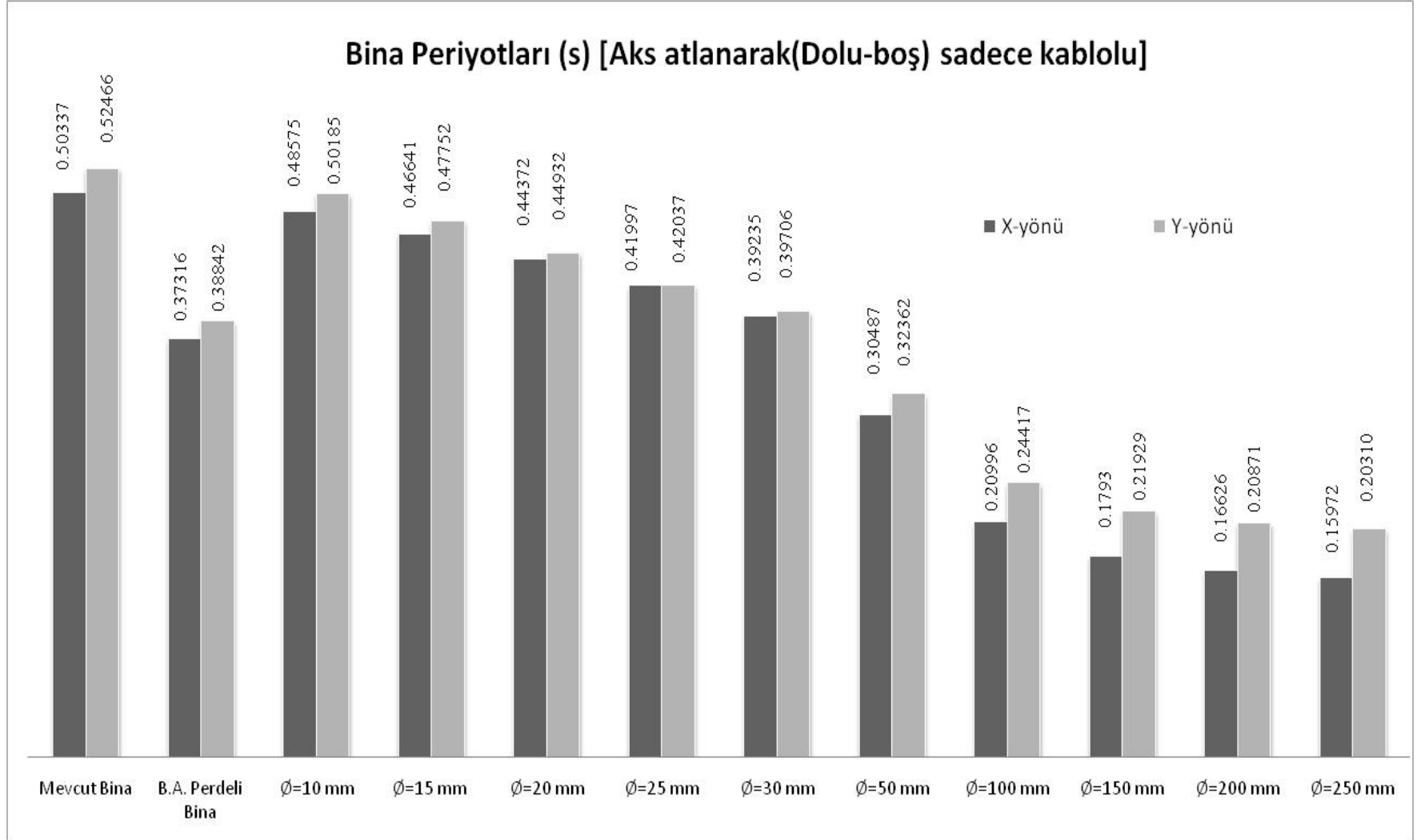
**Çizelge 3.35.** Model-4'e ait maksimum iç kuvvetler

<b>Maksimum İç Kuvvetler</b>	
<b>V( kN)</b>	<b>M (kN-m)</b>
4450,64	6179,45

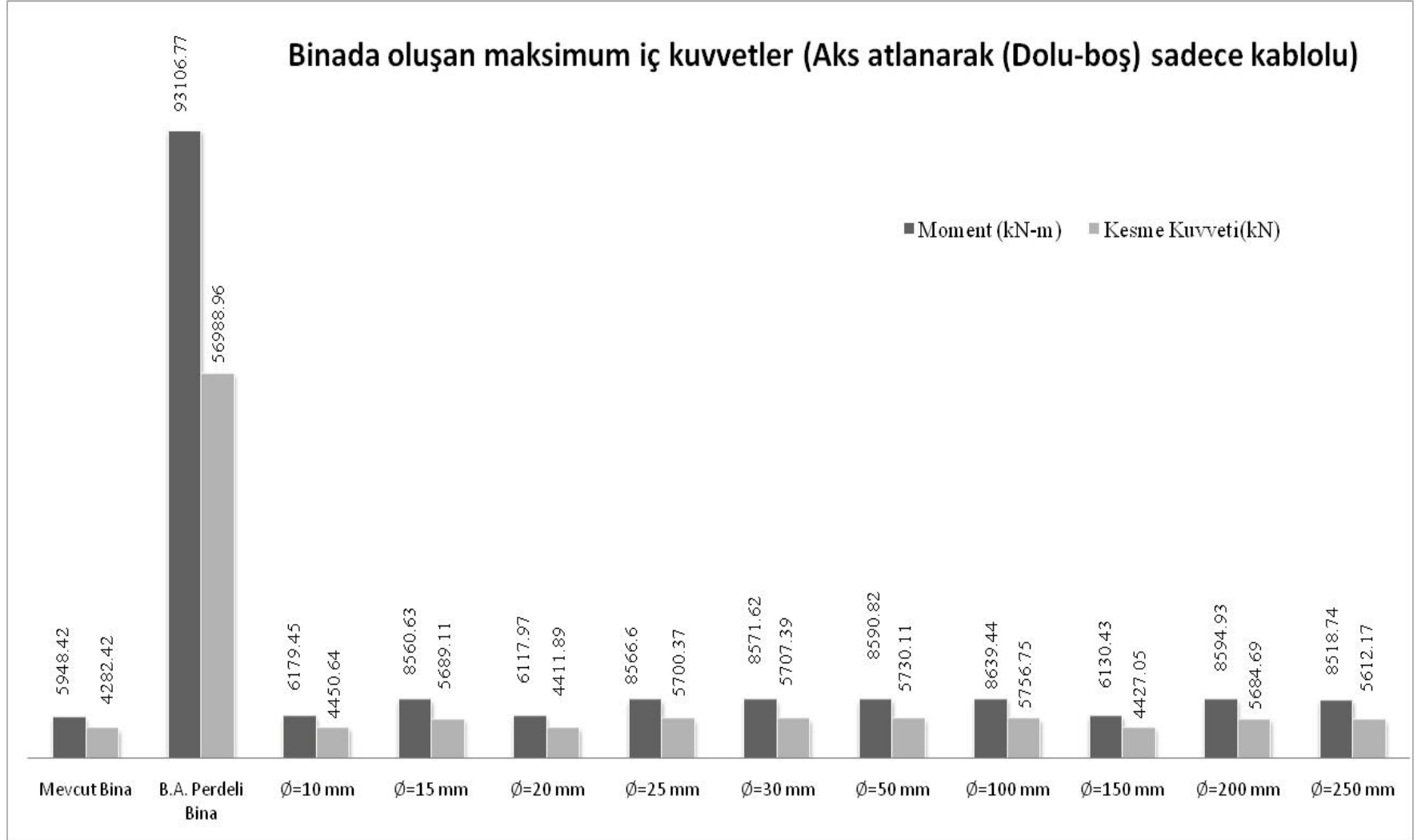
Diğer modellere ait sonuçlar Şekil 3.18, 3.19 ve 3.20'de grafiksel olarak verilmiştir. Diyagonal eleman olan kablolar yüksek kapasitede düktil olup, çekmede büyük bir plastik deformasyon yapma kapasitesine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı kablo çapı ve miktarı artıkça bina daha düktil hale gelmektedir. Ayrıca kablo çapı ve miktarı artıkça binanın rijitliğide artmakta ve buna bağlı olarak binada oluşan görelî kat ötelenmeleri, bina periyotları ve içsel kuvvetler azalmaktadır.



**Şekil 3.18.** Görel kat ötelenmeleri (Aks atlanarak (dolu-boş) sadece kablolu)



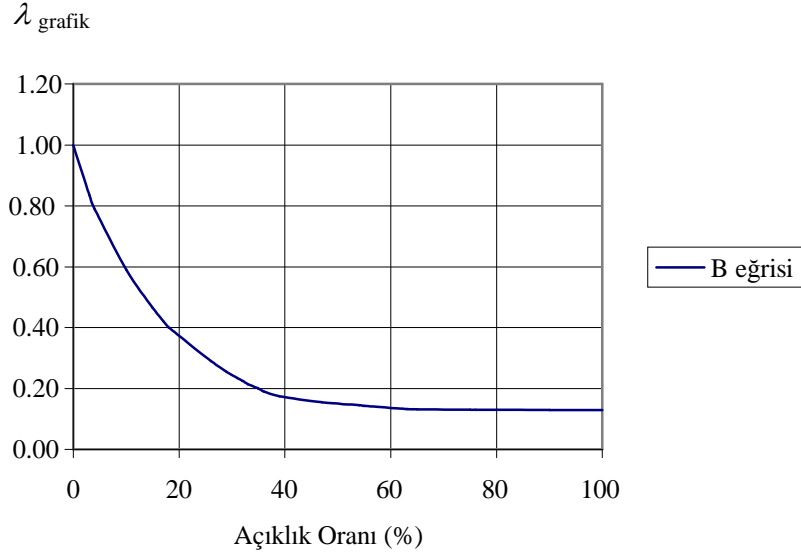
**Şekil 3.19.** Bina Periyotları (Aks atlanarak (dolu-boş) sadece kablolu)



**Şekil 3.20.** Binada oluşun maksimum iç kuvvetler (Aks atlanarak (dolu-boş) sadece kablolu)

### 3.5. Model-5 Dolgu Duvar ve Çelik Halatın Beraber Düşünüldüğü Durum

Bu modelde dolgu duvarlar ve çelik halatlar beraber düşünülmüştür. Dolgu duvar olarak tuğla, gazbeton ve bims düşünülmüş ve her biri için ayrı ayrı analizler yapılmıştır. Analizlerde dolgu duvarlar eşdeğer sanal basınç çubuğu olarak modellenmiştir. Eşdeğer sanal basınç çubuklarının genişliği rijitlik azaltma faktörü olarak nitelendirilen  $\lambda_{\text{grafik}}$  dikkate alınarak ve alınmayarak ayrı ayrı analizler yapılmıştır. Rijitlik azaltma faktörü açıklık oranı (kapı pencere boşluğu alanı/dolgu duvar alanı) ve açıklığın yerine göre açıklık yüzdesinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.[5]



**Şekil 3.21.** Açıklık yüzdesi (%) ile rijitlik azaltma faktörü ( $\lambda_{\text{grafik}}$ ) arasındaki ilişki



### 3.5.1. Dolgu Duvarların Modellenmesi

Betonarme olmayan dolgu duvarların çatlamadan önceki, düzlemindeki elastik rijitliği, eşdeğer sanal çapraz çubuğun genişliği, FEMA 306'da önerilen ve Mainstone (1971) ve Mainstone ve Weeks (1970)'in çalışmalarından elde edilen,(3.28) eşitliğinde verilen **Şekil 3.22'**de gösterildiği gibi  $w$  ile tanımlanmıştır.

$$w = 0,175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (3.28)$$

$$\lambda_1 = \sqrt[4]{\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}}} \quad (3.29)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{h_{inf}}{L_{inf}} \quad (3.30)$$

$r_{inf}$  = Eşdeğer sanal basınç çubuğunun uzunluğu (mm)

$t_{inf}$  = Dolgu duvar kalınlığı (mm)

$E_{me}$  = Dolgu duvarın elastisite modülü (MPa)

$E_{fe}$  = Çerçevenin elastisite modülü (MPa)

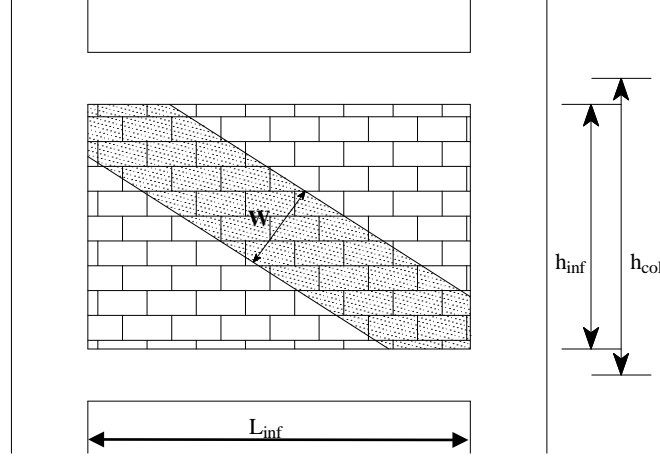
$I_{col}$  = Kolonların atalet momentleri (mm<sup>4</sup>)

$h_{col}$  = Kolonların hesap boyu (mm)

$h_{inf}$  = Net duvar yüksekliği (mm)

$L_{inf}$  = Net duvar genişliği (mm)

$\theta$  = Dolgu duvarı temsil etmek üzere hayali olarak düşünülen diyagonal basınç çubuğunun yatayla yaptığı açıdır.

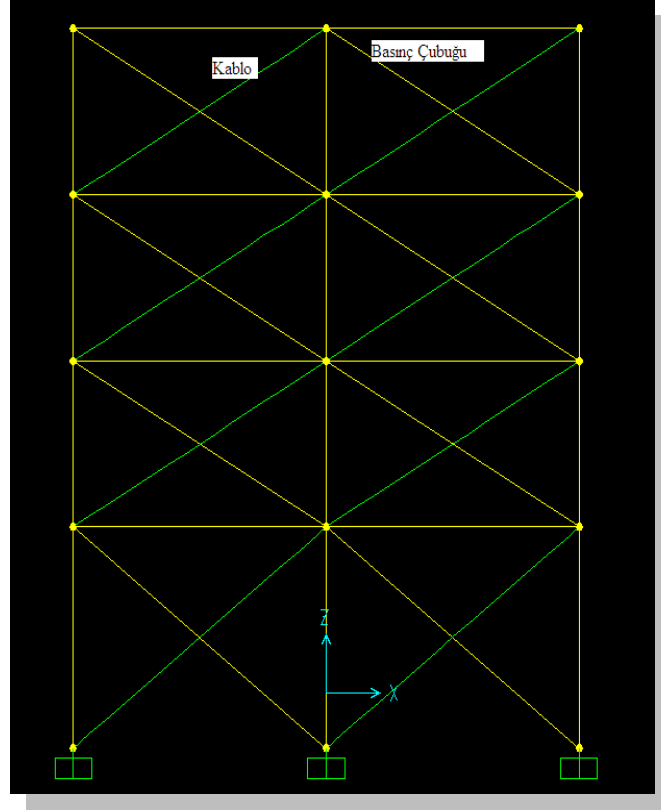


**Şekil 3.22.** Eşdeğer sanal basınç çubuğun geometrisi

Şekil 3.21'e göre elde edilen rijitlik azaltma faktörü, FEMA 306'da önerilen ve Mainstone (1971) ve Mainstone ve Weeks (1970)'in çalışmalarından elde edilen (3.31) eşitliği ile çarpılarak açıklıkların duvarın rijitliğini azaltmasına katkısı sağlanmıştır.

$$w = 0,175 \lambda_{\text{grafik}} (\lambda_1 h_{\text{col}})^{-0,4} r_{\text{inf}} \quad (3.31)$$

SAP2000 programı ile yapılan analizler sonucunda sadece sağa yatık eşdeğer sanal çapraz çubuk ile sadece sola yatık eşdeğer sanal çapraz çubuğun bina periyotlarının, görelî kat ötelenmelerinin ve maksimum iç kuvvetlerin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Bundan dolayı tek eşdeğer sanal çapraz ve eşdeğer sanal çapraz ters yönde de kablolar kullanılmıştır. Burada eşdeğer sanal çapraz çubuklar basınç gerilmelerine, kablolar ise çekme gerilmelerine tabi tutulmuştur. Eşdeğer sanal çapraz elemanlar tuğla, gazbeton ve bims olarak ayrı ayrı modellenmiş ve eşdeğer sanal çapraz çubuklara ters yönde yerleştirilen kablolarında çapları değiştirilerek en uygun çözüm bulunmaya çalışılmıştır.



Şekil 3.23. Eşdeğer sanal basınç çubuğu ve kablo (Model-5)

### 3.5.2. Model-5/A-1 Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Tüm Dış Akslar Çelik Halatlı Durum

Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb. olabilir. Model-5/A-1’de bina performansını artırmak için tuğla duvarların bina performansına etkisi ve çelik halatlarla ve çelik halatlarında tüm aks açıklıklarında en alt kattan en üst kata kadar devam edecek şekilde, sadece halat çapları değiştirilerek halatların bina performansına katkısı bu modelde araştırılmaya çalışılmıştır. Tuğla elemanlardan oluşmuş dolgu duvar elastisite modülü ( $E_m$ ) tuğla basınç dayanımına, tuğla yüksekliğine, harç tabakası basınç dayanımına, harç tabakası yüksekliği gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Selçuk Üniversitesi Yapı ve Deprem Laboratuvarlarında yapılan dolgu duvarlı deneyler sonucunda [Kaltakçı, M.Y., ve diğerleri 2003, 2004], dolgu duvar elastisite modülü ( $E_m$ ) parametresini  $E_m = 5.750 \text{ MPa}$  değerleri kullanılmıştır. Dünya literatüründen bu kabuller ile ilgili değişik

değerler verilmiştir. Örneğin [Paulay T., Priestley MJN., 1992]'e göre  $E_m = 8.250$  MPa, İTÜ'de yapılan deneysel çalışmalara göre  $E_m = 6.000$  MPa bulunmuştur. Bu tez kapsamında tuğla duvarların elastisite modülü 6.000 MPa ve yoğunluğu 8 kN/m<sup>3</sup> alınmıştır.

**Çizelge 3.36.** Model-5/A-1 ait döşeme yükleri

KAT	Sabit Yük (kN/m <sup>2</sup> )	Hareketli Yük (kN/m <sup>2</sup> )
Çatı	4,50	-
Normal	4,50	2,00

### 3.5.2.1 Model-5/A-1 Tuğla Duvar Rijitlik Azaltmadan ve Tüm Dış Akslar Çelik Halatlı Durum (Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm)

Model-5/A-1 ait denenen kablo çapları ile ilgili olarak tüm katlarda halat çapı 1 cm olan binanın deprem hesabı ve sonuçları örnek olarak verilmiştir. Denenen diğer iterasyonlarda aynı şekilde hesaplanmıştır.

Döşeme : 12cm

Duvar Kalınlığı : 20 cm (Normal katlarda dış çevre kirişleri üzerinde) 6.00 kN/m duvar yükü ve 10 cm (Normal katlarda iç kirişler üzerinde) 3.00 kN/m duvar yükü vardır. Çatı katı kirişleri üzerinde duvar yükü yoktur.

Kirişler : Kenar kirişler yarım tablalı (YT) , ortadaki kirişler tam tablalı (TT) kiriş olarak analiz yapılmıştır. Kirişlerde etkili tabla genişliği bölüm 3.1.1'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Kiriş kendi ölü ağırlığı ortalama 2.75 kN/m alınmıştır.

#### 3.5.2.1.1 Bina Bilgileri

Kat sayısı : 4

Bodrum kat Sayısı : -

Bina önem katsayısı : 1

Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçevesel sistem

Kat yükseklikleri : Birinci kat 4.0 m diğer üç kat 3.0'er m'dir.

### 3.5.2.1.2 Deprem Bilgileri

Deprem bölgesi	: 1
Etkin yer ivmesi katsayısı	: $A_0=0.40$
Yerel zemin sınıfı	: Z2
Spektrum karakteristik periyotları	: $T_A=0.15, T_B=0.40$
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	: 8
Deprem yönü	: X ve Y

### 3.5.2.1.3 Kat Ağırlıkları

#### Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n): W (kN)

Çizelge 3.37. Model-5/A-1'e ait döşeme hareketli yük artırma katsayıları

Döşeme Adı	Hareketli Yük Artırma Katsayısı (n) (Konut türü yapılar)
D1	0.3
D2	0.3
D3	0.3
D4	0.3

Çizelge 3.38. Model-5/A-1'e ait kat ağırlıkları

KAT NO	W (kN)
4	551.3
3	618.1
2	697.2
1	697.2
$\Sigma$	2563.9

### 3.5.2.1.4. Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı:

Çizelge 3.39. Model-5/A-1'e ait fiktif yüklerin hesabı

Kat	$h_i(m)$	$H_i(m)$	$W_i(kN)$	$W_i*H_i$	Oran = $\frac{W_i*H_i}{\sum W_i*H_i}$
4	3	13	551.3	7167.4	0.341
3	3	10	618.1	6181.4	0.294
2	3	7	697.2	4880.7	0.232
1	4	4	697.2	2788.9	0.132
Toplam			2563.9	21018.5	

### 3.5.2.1.5. Modal Analiz ile Bina Periyodu ve Toplam Eş Değer Deprem Yükü Hesabı

SAP2000 Programı ile model çözülürken mode sayısı 12 (her katta 3 kütle (3 serbestlik dereceli X ve Y yönünde ötelenme, Z yönünde dönme) bulunmakta toplam 4 katlı yapı,  $3*4=12$ ) olarak girilir. Ve çözüm sonucunda bulunan periyot asal periyottur ve direk deprem hesabında bu kullanılır. SAP2000 ile Periyot hesabından aşağıdaki değerler bulunmuştur.

$$T_x=0.21351 \text{ s}$$

$$T_y=0.24589 \text{ s}$$

Bina önem katsayısı  $I=1.0$  (konut)

Deprem yükü azaltma katsayısı:  $(0.21351, 0.24589 > T_A) \quad R(T_{x,y})=R=8$

Spektrum katsayısı:  $(T_A < 0.21351, 0.24589 < T_B) \text{ ise } S(T_{x,y})=2,5$

Spektral ivme katsayısı:

$$A(T_x)=A_0*I*S(T_x)=0.40*1*2.5=1.0 \quad (3.34)$$

$$A(T_y)=A_0*I*S(T_y)=0.40*1*2.5=1.0$$

Toplam Eş Değer Deprem Yükü:

$$V(T_x)= W * A(T_x) / R_a(T_x) = 2563.9 * 1.0 / 8 = 320.49 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$V(T_y)= W * A(T_y) / R_a(T_y) = 2563.9 * 1.0 / 8 = 320.49 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$W=g_i+n*q_i \text{ (n=0.3 konutlarda)}$$

### 3.5.2.1.6. Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

Model-5 ait deprem kuvveti yönleri ve dış merkezlikler Model-1'deki ile aynıdır. Deprem yönetmeliğine göre deprem yükleri  $\pm 0.05$  dışmerkezlikler de göz önüne alınarak kat hizalarına etki ettirilecektir. Deprem yükleri her katta belirlenen Eş Değer Deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil kuvvet olarak uygulanmıştır.

$$F_i = \frac{(V_t - \Delta F_n) W_i H_i}{\sum_{j=1}^N W_j H_j} \quad \Delta F_n = 0 \quad (3.35)$$

**Çizelge 3.40.** Model-5/A-1'e ait eş değer kat deprem yükleri

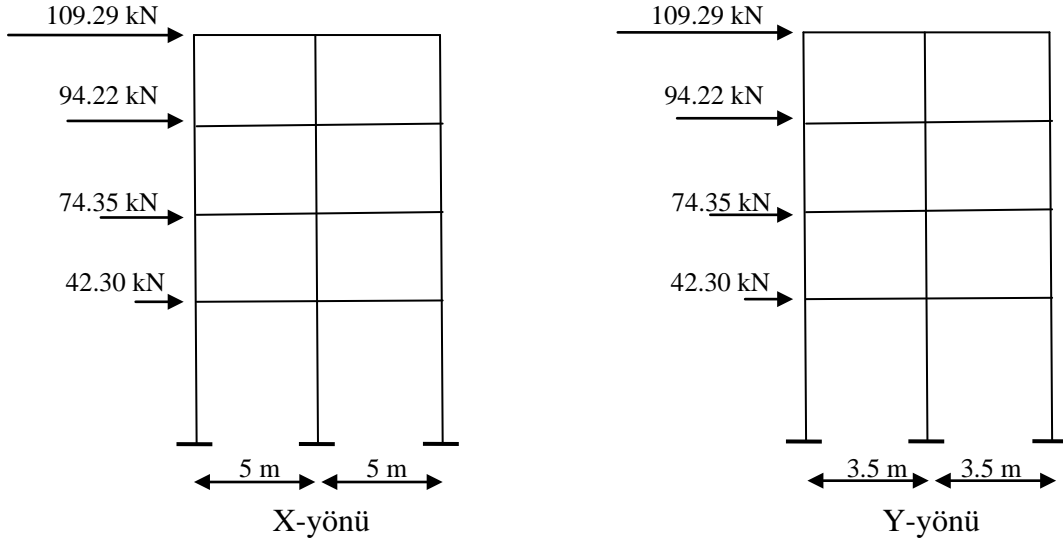
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i * H_i$	oran	$F_{ix}$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)	$M_{ix}$ (kN-m)	$M_{iy}$ (kN-m)
4	3	13	551.3	7167.4	0.341	109.29	109.29	38.25	54.65
3	3	10	618.1	6181.4	0.294	94.22	94.22	33.00	47.11
2	3	7	697.2	4880.7	0.232	74.35	74.35	26.02	37.18
1	4	4	697.2	2788.9	0.132	42.30	42.30	14.81	12.15
Toplam			2563.9	21018.5		320.16	320.16		

$$\text{Örnek: } F_{ix} = 320.16 \frac{7167.4}{21018.5} = 109.29 \text{ kN} \quad (3.36)$$

$$M_{ix} = F_{ix} * 0.05 * L$$

$$= 109.29 * 0.05 * 7 \text{ m} = 38.25$$

Diğer kuvvetler ve momentlerde örnekte gösterildiği şekilde bulunmuş ve binanın kütle merkezine etki ettirilmiştir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Model-5/A-1 ait katlara etkiyen deprem kuvvetleri

### 3.5.2.1.7. Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Çizelge 3.41. Model-5/A-1'e ait göreli kat ötelenmeleri kontrolü

Kat No	$h_i$ (m)	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$
4	3	0,000075
3	3	0,000115
2	3	0,000142
1	4	0,000162

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R = 0.0025$$



### 3.5.2.1.8. Bina Periyotları

**Çizelge 3.42.** Model-5/A-1'e ait bina periyotları

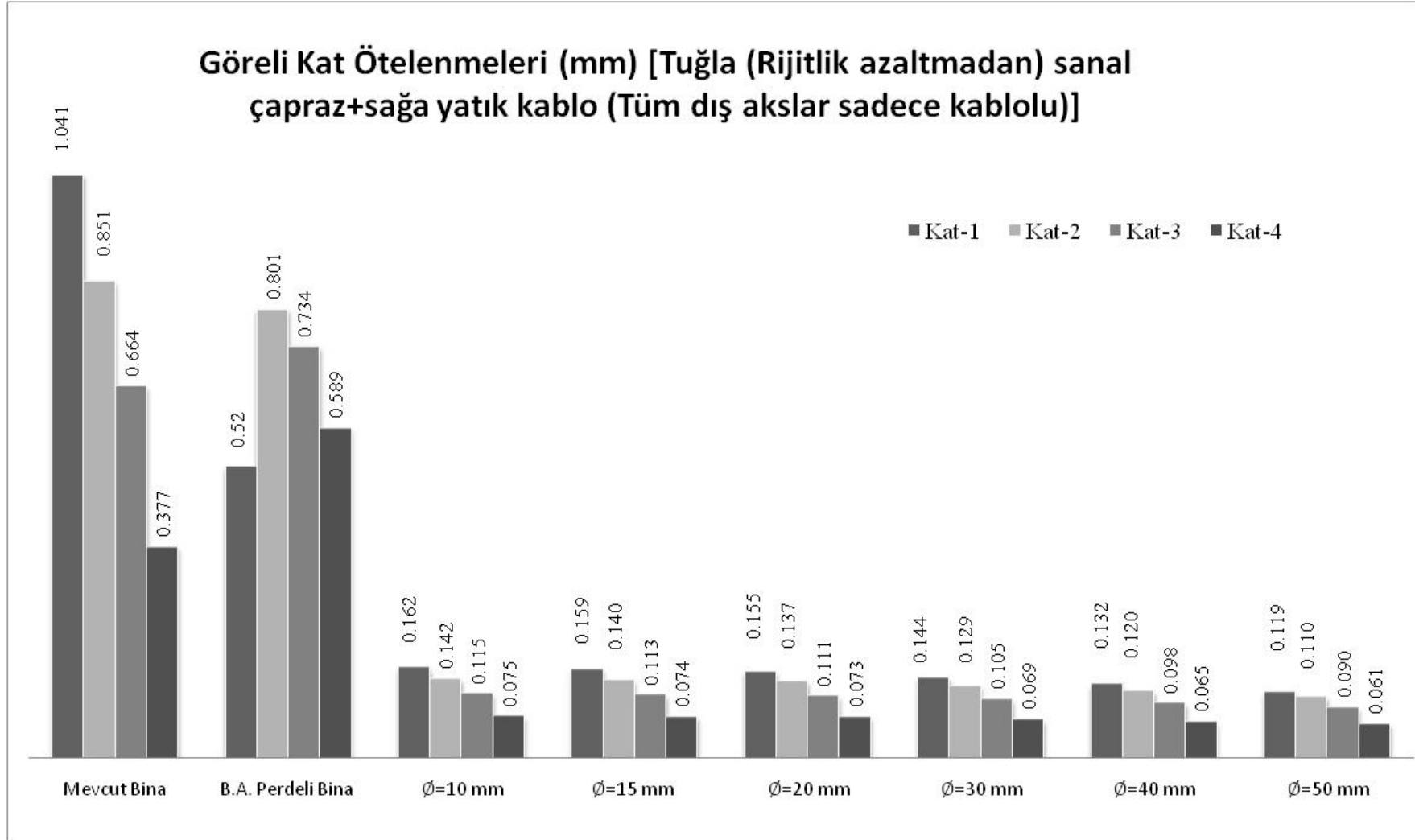
<b>Bina Periyotları (s)</b>	
<b>T<sub>x</sub></b>	<b>T<sub>y</sub></b>
0.21351	0.24589

### 3.5.2.1.9. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler

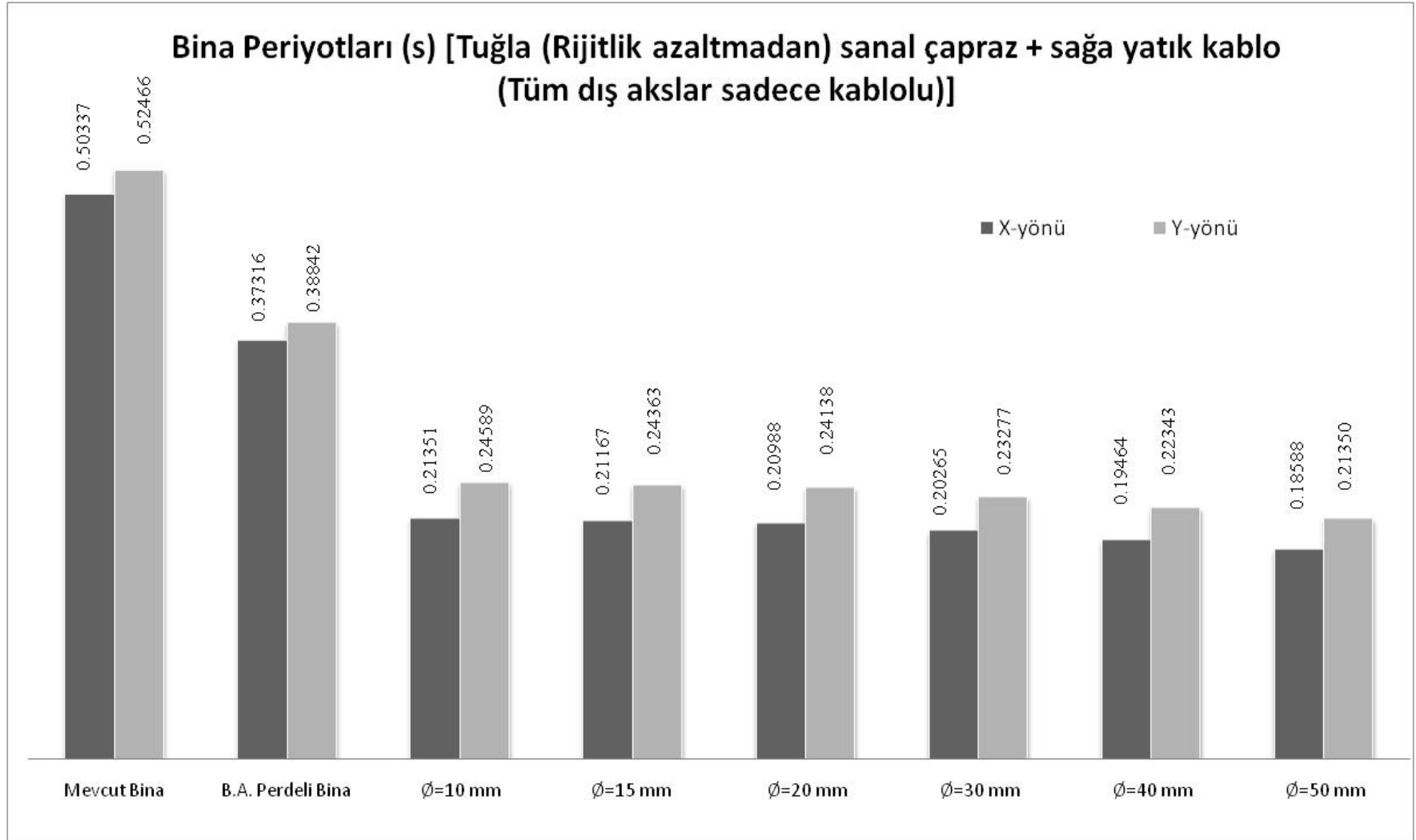
**Çizelge 3.43.** Model-5/A-1'e ait maksimum iç kuvvetleri

<b>Maksimum İç Kuvvetler</b>	
<b>V( kN)</b>	<b>M (kN-m)</b>
4756,98	7104,99

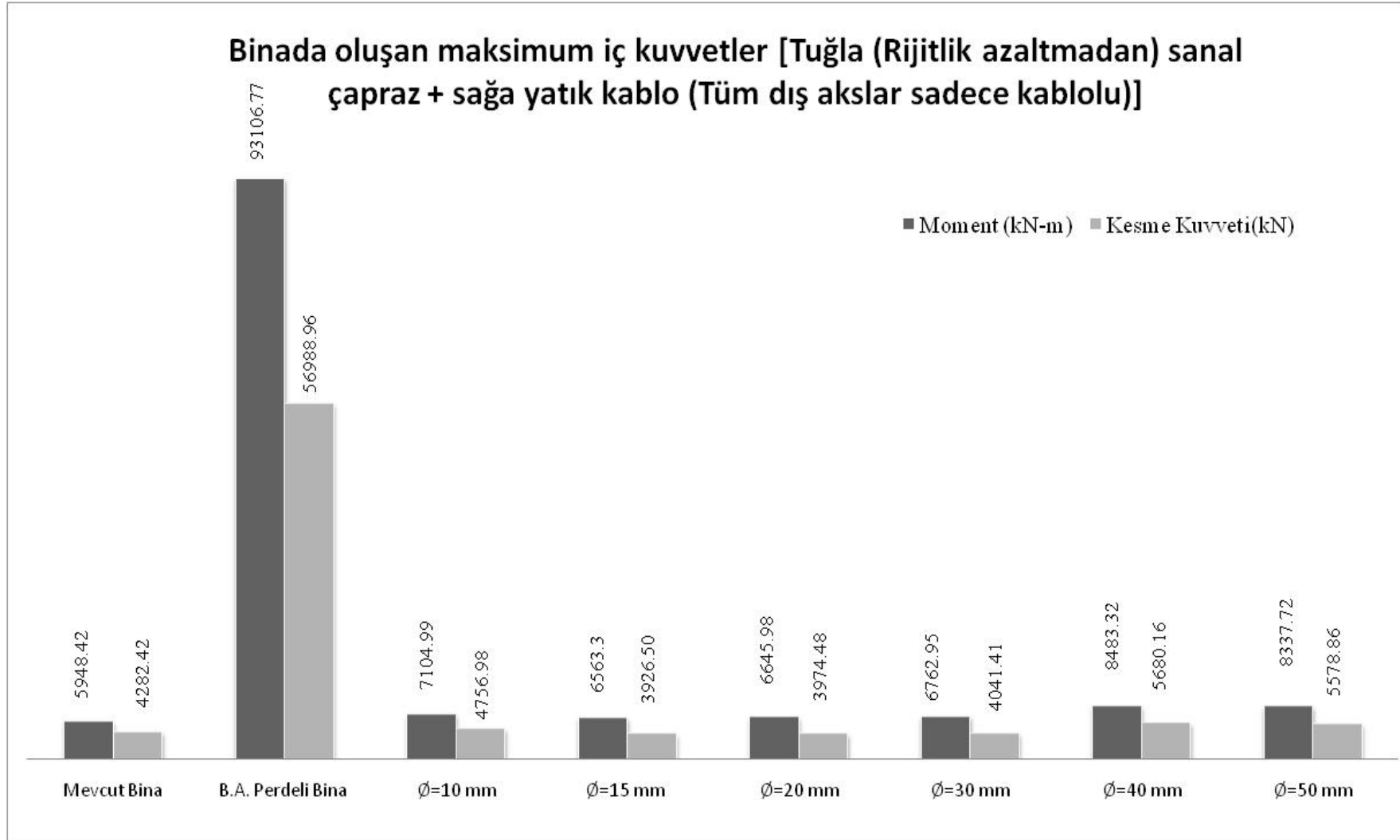
Diğer modellere ait sonuçlar Şekil 3.25, 3.26 ve 3.27'de grafiksel olarak verilmiştir. Diyagonal eleman olan kablolar yüksek kapasitede düktil olup, çekmede büyük bir plastik deformasyon yapma kapasitesine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı kablo çapı ve miktarı artıkça bina daha düktil hale gelmektedir. Ayrıca kablo çapı ve miktarı artıkça binanın rijitliğide artmakta ve buna bağlı olarakta binada oluşan görelî kat ötelenmeleri, bina periyotları ve içsel kuvvetler azalmaktadır.



**Şekil 3.25.** Görelî kat ötelenmeleri (sola yatık tuğla (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (tüm dış akslar kablolu))



**Şekil 3.26.** Bina periyotları (sola yatık tuğla (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (tüm dış akslar kablolu))



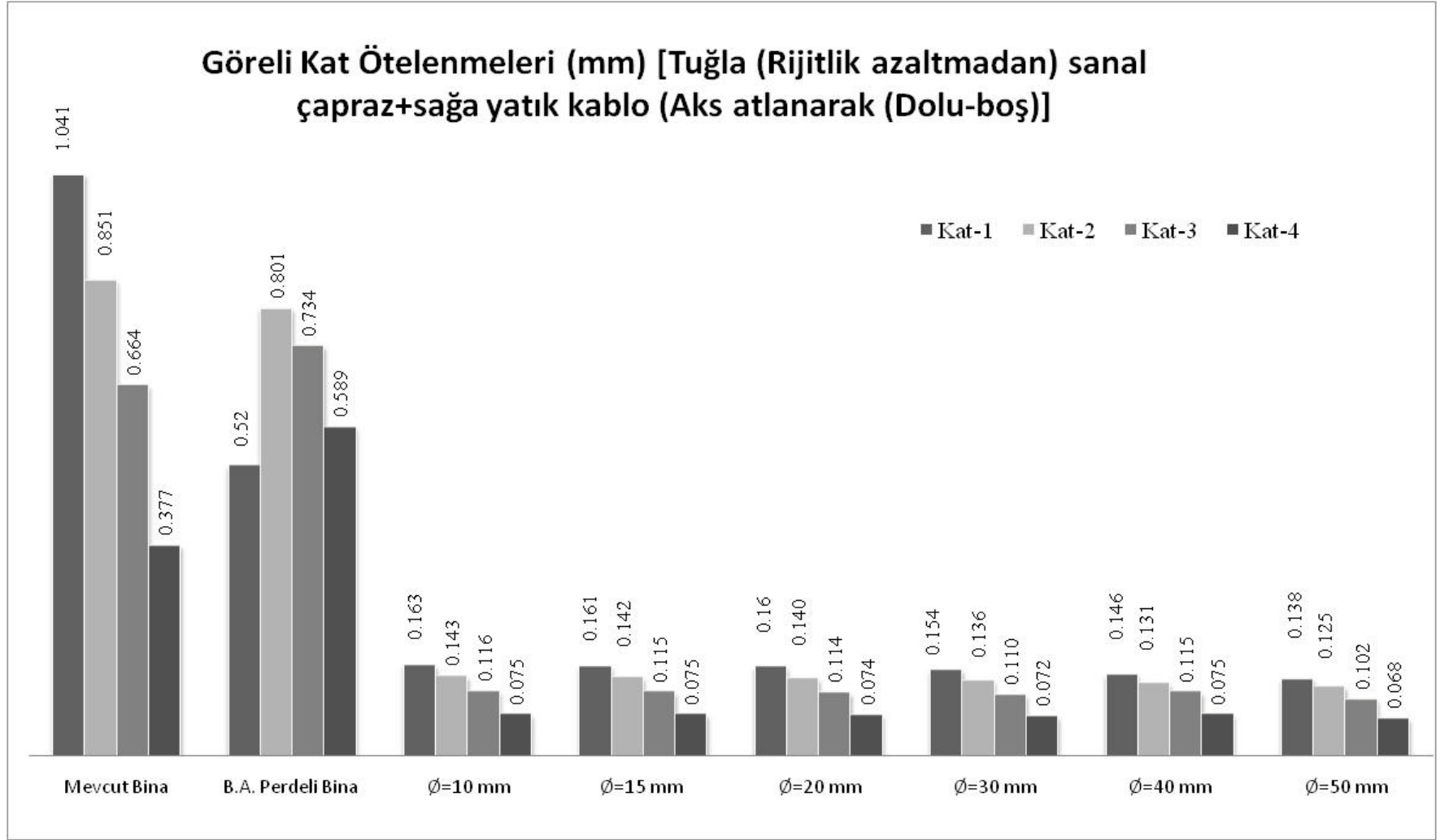
**Şekil 3.27.** Bina periyotları (sola yatık tuğla (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (tüm dış akslar kablolu))

### **3.5.3. Model-5/A-2 Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Tüm Dış Akslar Çelik Halatlı Durum**

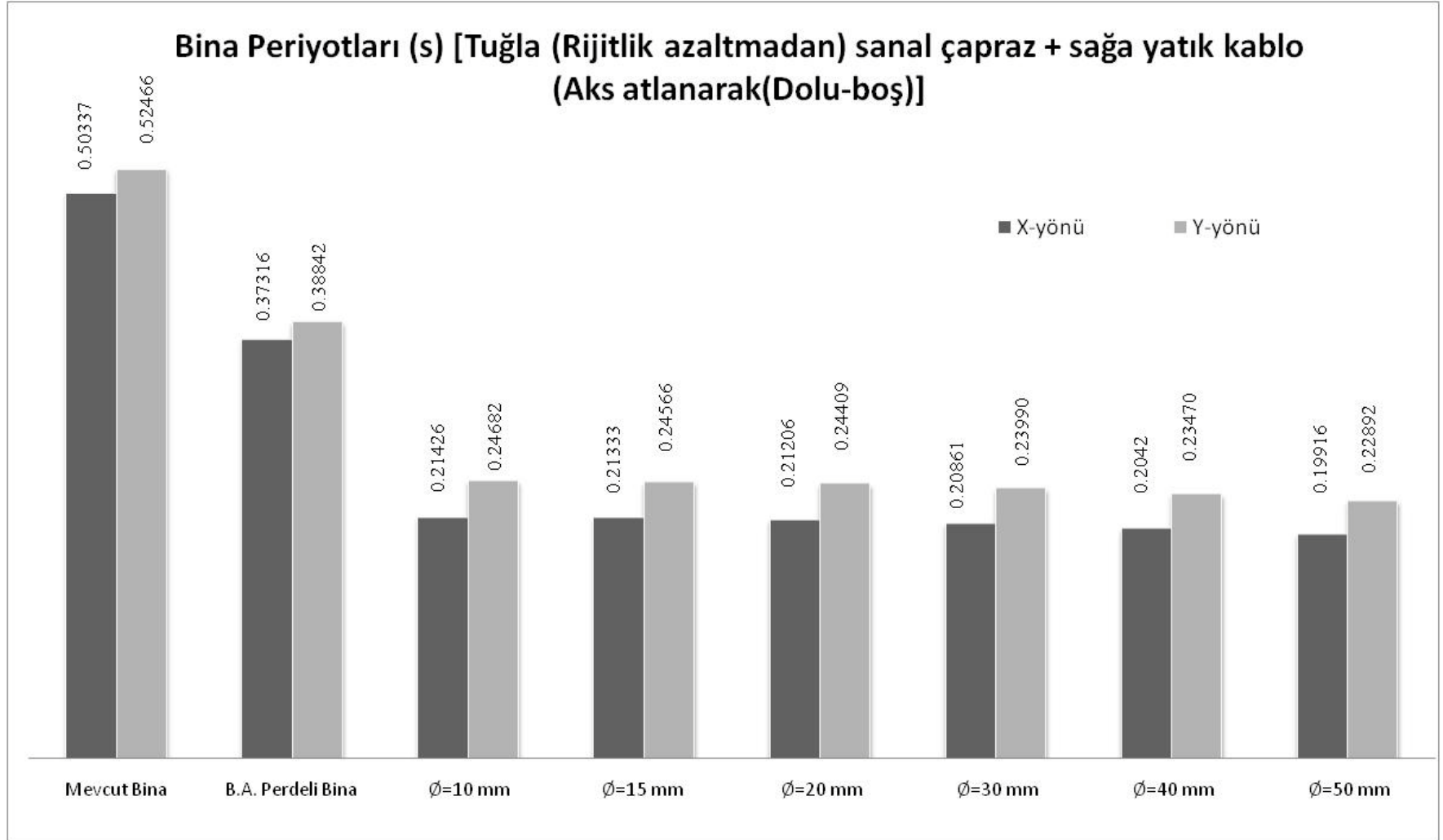
Model-5/A-2'deki tüm hesaplamalar Model-5/A-1'deki aynısı gibidir. Sadece eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken rijitlik azaltma katsayısı  $\lambda_{\text{grafik}}$  kullanılmıştır.[5] (Bkz. EK 1,2,3)

### **3.5.4. Model-5/B-1 Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum**

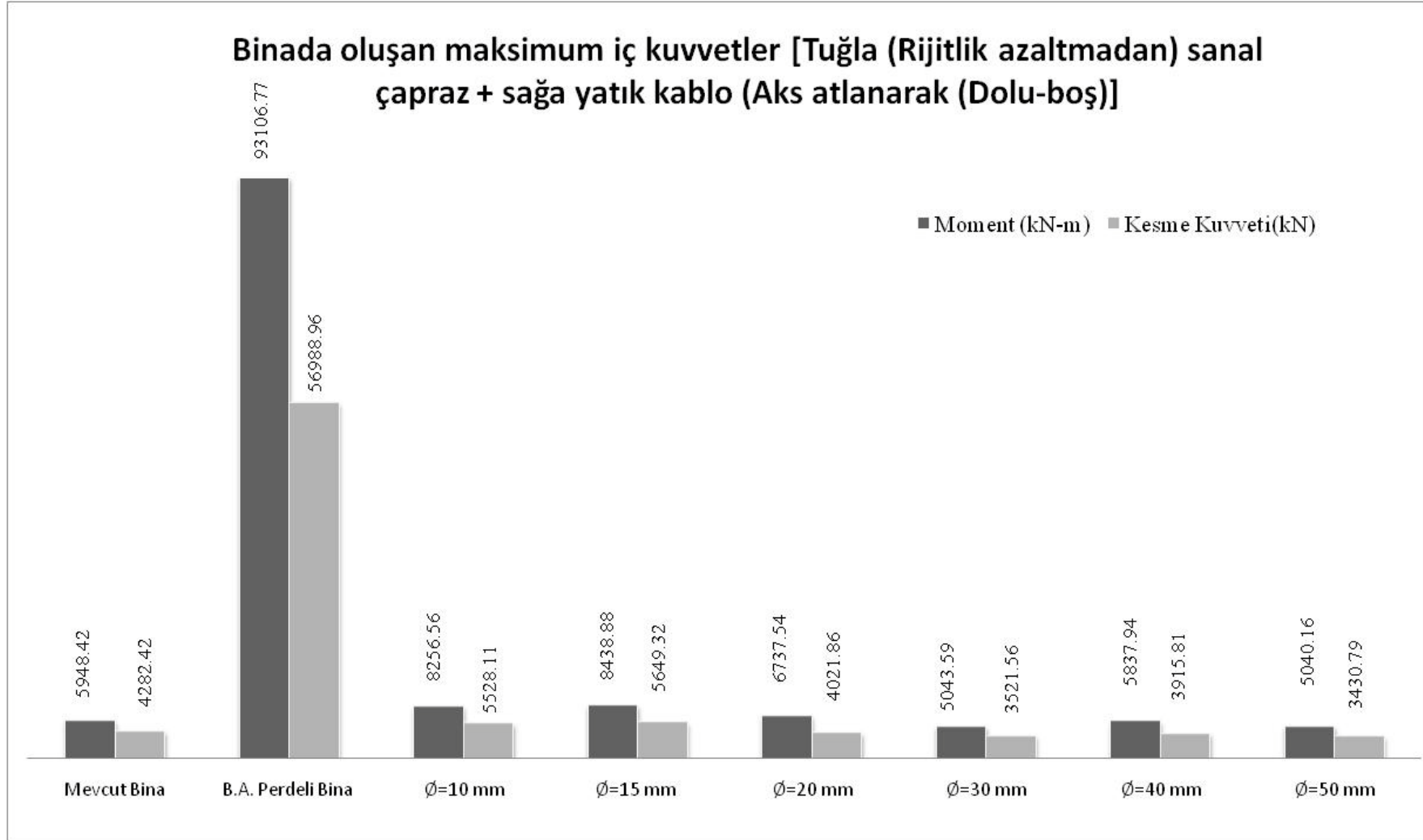
Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapılar, vb. olabilir. Model-5/B-1'de bina performansını artırmak için tuğla duvarların bina performansına etkisi ve çelik halatlarında aks atlanarak (dolu-boş) en alt kattan en üst kata kadar devam edecek şekilde, sadece halat çapları değiştirilerek halatların bina performansına katkısı bu modelde araştırılmaya çalışılmıştır. Model-5/B-1'deki tüm hesaplamalar Model-5/A-1 ile aynıdır.



**Şekil 3.28.** Görelî kat ötelenmeleri (sola yatık tuğla (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (aks atlanarak (dolu-boş))



**Şekil 3.29.** Bina periyotları (sola yatık tuğla (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (sks atlanarak (dolu-boş))



**Şekil 3.30.** Binada oluşun maksimum iç kuvvetler (sola yatık tuğla (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (aks atlanarak (dolu-boş))



### **3.5.5. Model-5/B-2 Tuğla Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum**

Model-5/B-2'deki tüm hesaplamalar Model-5/A-1'deki aynısı gibidir. Sadece eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken rijitlik azaltma katsayısı  $\lambda_{\text{grafik}}$  kullanılmıştır. [5] (Bkz. EK 4,5,6)

### **3.6 Model-6/A-1 Gazbeton Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Tüm Dış Akslar Çelik Halatlı Durum**

Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb. olabilir. Model-6/A-1'de bina performansını artırmak için gazbeton duvarların bina performansına etkisi ve çelik halatlarla ve çelik halatlarında tüm aks açıklıklarında en alt kattan en üst kata kadar devam edecek şekilde, sadece halat çapları değiştirilerek halatların bina performansına katkısı bu modelde araştırılmaya çalışılmıştır. Gazbeton elemanlardan oluşmuş dolgu duvar elastisite modülü ( $E_m$ ) gazbeton basınç dayanımına, gazbeton yüksekliğine, harç tabakası basınç dayanımına, harç tabakası yüksekliği gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir Karaduman (2004), yaptığı çalışmasında G2 sınıfı gazbeton kullanmış ve sıvasız olarak dolgu duvarın elastisite modülünü 1500 MPa olarak seçmiştir. Sıva etkisi göz önüne alındığında dolgu duvarın elastisite modülü 2091 MPa, birim hacim ağırlığı  $4 \text{ kN/m}^3$ , basınç dayanımı ise 2.5 MPa olmaktadır.

Sesigür ve ark (2007), yaptıkları çalışmalarında duvar panelinde gazbetonun elastisite modülünü 1750 MPa olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmada gazbeton elemanlardan oluşmuş dolgu duvar elastisite modülü ( $E_m=1530 \text{ MPa}$ ) ve yoğunluğu  $4 \text{ kN/m}^3$  alınmıştır. ([www.akg-gazbeton.com.tr](http://www.akg-gazbeton.com.tr))

**Çizelge 3.44.** Model-6/A-1 ait döşeme yükleri

KAT	Sabit Yük (kN/m <sup>2</sup> )	Hareketli Yük (kN/m <sup>2</sup> )
Çatı	4,50	-
Normal	4,50	2,00

### **3.6.1. Model-7/A-1 Gazbeton Duvar Rijitlik Azaltmadan ve Tüm Dış Akslar Çelik Halatlı Durum (Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm)**

Model-6/A-1 ait denenen kablo çapları ile ilgili olarak tüm katlarda halat çapı 1 cm olan binanın deprem hesabı ve sonuçları örnek olarak verilmiştir. Denenen diğer iterasyonlarda aynı şekilde hesaplanmıştır.

Döşeme :12cm

Duvar Kalınlığı : 20 cm (Normal katlarda dış çevre kirişleri üzerinde) 3.60 kN/m duvar yükü ve 10 cm (Normal katlarda iç kirişler üzerinde) 1.80 kN/m duvar yükü vardır. Çatı katı kirişleri üzerinde duvar yükü yoktur.

Kirişler : Kenar kirişler yarım tablalı (YT) ,ortadaki kirişler tam tablalı (TT) kiriş olarak analiz yapılmıştır.Kirişlerde etkili tabla genişliği bölüm 3.1.1’de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Kiriş kendi ölü ağırlığı ortalama 2.75 kN/m alınmıştır.

#### **3.6.1.1. Bina Bilgileri**

Kat sayısı : 4

Bodrum kat Sayısı : -

Bina önem katsayısı :1

Taşıyıcı sistem türü : Yerde dökme betonarme çerçeve sistem

Kat yükseklikleri : Birinci kat 4.0 m diğer üç kat 3.0’er m’dir.

#### **3.6.1.2. Deprem Bilgileri**

Deprem bölgesi : 1

Etkin yer ivmesi katsayısı :  $A_0=0.40$   
Yerel zemin sınıfı : Z2  
Spektrum karakteristik periyotları :  $T_A=0.15, T_B=0.40$   
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı : 8  
Deprem yönü : X ve Y

### 3.6.1.3 Kat Ağırlıkları

**Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n): W (kN)**

**Çizelge 3.45.** Model-6/A-1'e ait döşeme hareketli yük artırma katsayıları

Döşeme Adı	Hareketli Yük Artırma Katsayısı (n) (Konut türü yapılar)
D1	0.3
D2	0.3
D3	0.3
D4	0.3

**Çizelge 3.46.** Model-6/A-1'e ait kat ağırlıkları

KAT NO	W (kN)
4	551.3
3	369.4
2	416.9
1	416.9
$\Sigma$	1754.5

### 3.6.1.4. Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı:

Çizelge 3.47. Model-6/A-1'e ait fiktif yüklerin hesabı

Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i*H_i$	Oran = $\frac{W_i*H_i}{\sum W_i*H_i}$
4	3	13	551.3	7167.4	0.464
3	3	10	369.4	3694.0	0.239
2	3	7	416.9	2918.3	0.189
1	4	4	416.9	1667.6	0.108
Toplam			1745.5	15447.3	

### 3.6.1.5. Modal Analiz ile Bina Periyodu ve Toplam Eş Değer Deprem Yükü Hesabı

SAP2000 Programı ile model çözüldürken mode sayısı 12 (her katta 3 kütle (3 serbestlik dereceli X ve Y yönünde ötelenme, Z yönünde dönme) bulunmakta toplam 4 katlı yapı,  $3*4=12$ ) olarak girilir. Ve çözüm sonucunda bulunan periyot asal periyottur ve direk deprem hesabında bu kullanılır. SAP2000 ile Periyot hesabından aşağıdaki değerler bulunmuştur.

$$T_x=0.27932 \text{ s}$$

$$T_y=0.30165 \text{ s}$$

Bina önem katsayısı  $I=1.0$  (konut)

Deprem yükü azaltma katsayısı:  $(0.27932, 0.30165 > T_A) \quad R(T_{x,y})=R=8$

Spektrum katsayısı:  $(T_A < 0.27932, 0.30165 < T_B)$  ise  $S(T_{x,y})=2,5$

Spektral ivme katsayısı:

$$A(T_x)=A_0*I*S(T_x)=0.40*1*2.5=1.0 \quad (3.39)$$

$$A(T_y)=A_0*I*S(T_y)=0.40*1*2.5=1.0$$

Toplam Eş Değer Deprem Yüğü:

$$V(T_x) = W * A(T_x) / R_a(T_x) = 1745.5 * 1.0/8 = 218.19 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$V(T_y) = W * A(T_y) / R_a(T_y) = 1745.5 * 1.0/8 = 218.19 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$W = g_i + n * q_i \text{ (n=0.3 konutlarda)}$$

### 3.6.1.6. Eş Değer Kat Deprem Yüğülerinin Hesabı

Model-6 ait deprem kuvveti yönleri ve dış merkezlikler Model-1'deki ile aynıdır. Deprem yönetmeliğine göre deprem yükleri  $\pm 0.05$  dışmerkezlikler de göz önüne alınarak kat hizalarına etki ettirilecektir. Deprem yükleri her katta belirlenen Eş Değer Deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil kuvvet olarak uygulanmıştır.

$$F = (V_t - \Delta F_n) \frac{W_i H_i}{\sum_{j=1}^N W_j H_j} \quad \Delta F_n = 0 \quad (3.40)$$

**Çizelge 3.48.** Model-6/A-1'e ait eş değer kat deprem yükleri

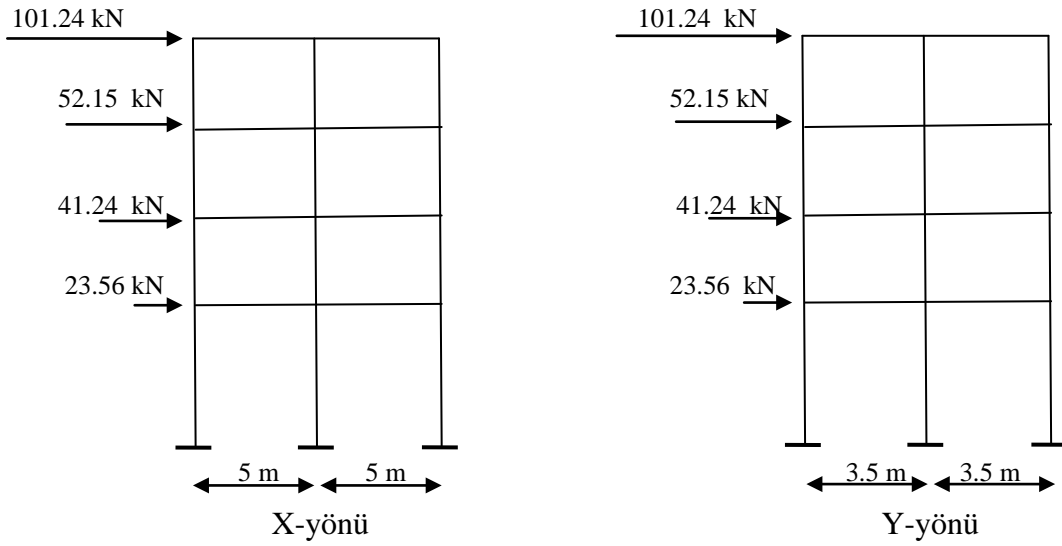
Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i * H_i$	oran	$F_{ix}$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)	$M_{ix}$ (kN-m)	$M_{iy}$ (kN-m)
4	3	13	551.3	7167.4	0.464	101.24	101.24	35.43	50.62
3	3	10	369.4	3694.0	0.239	52.15	52.15	18.25	26.08
2	3	7	416.9	2918.3	0.189	41.24	41.24	14.43	20.62
1	4	4	416.9	1667.6	0.108	23.56	23.56	8.25	11.78
Toplam			1745.5	15447.3		218.19	218.19		

$$\text{Örnek: } F_{ix} = \frac{218.19 \cdot 7167.4}{15447.3} = 101.24 \text{ kN} \quad (3.41)$$

$$M_{ix} = F_{ix} \cdot 0.05 \cdot L$$

$$= 101.24 \cdot 0.05 \cdot 7 \text{ m} = 35.43 \text{ kN-m}$$

Diğer kuvvetler ve momentlerde örnekte gösterildiği şekilde bulunmuş ve binanın kütle merkezine etki ettirilmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Model-6/A-1 ait katlara etkiyen deprem kuvvetleri

### 3.6.1.7. Göreli Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Çizelge 3.49. Model-6/A-1'e ait göreli kat ötelenmeleri kontrolü

Kat No	$h_i$ (m)	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$
4	3	0,000146
3	3	0,000211
2	3	0,000252
1	4	0,000292

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R = 0.0025$$

### 3.6.1.8. Bina Periyotları

**Çizelge 3.50.** Model-6/A-1'e ait bina periyotları

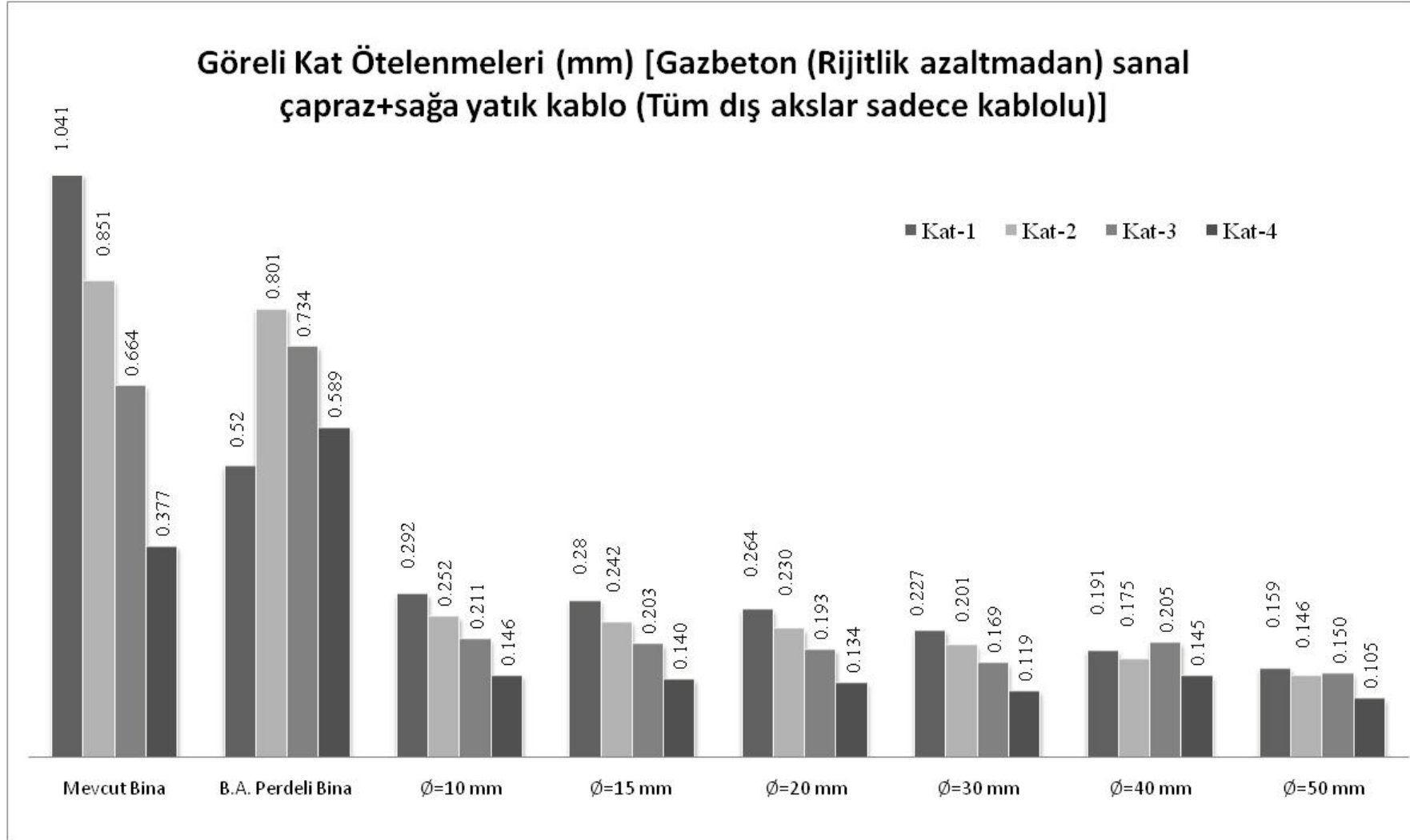
Bina Periyotları (s)	
$T_x$	$T_y$
0.27932	0.30165

### 3.6.1.9. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler

**Çizelge 3.51.** Model-6/A-1'e ait maksimum iç kuvvetler

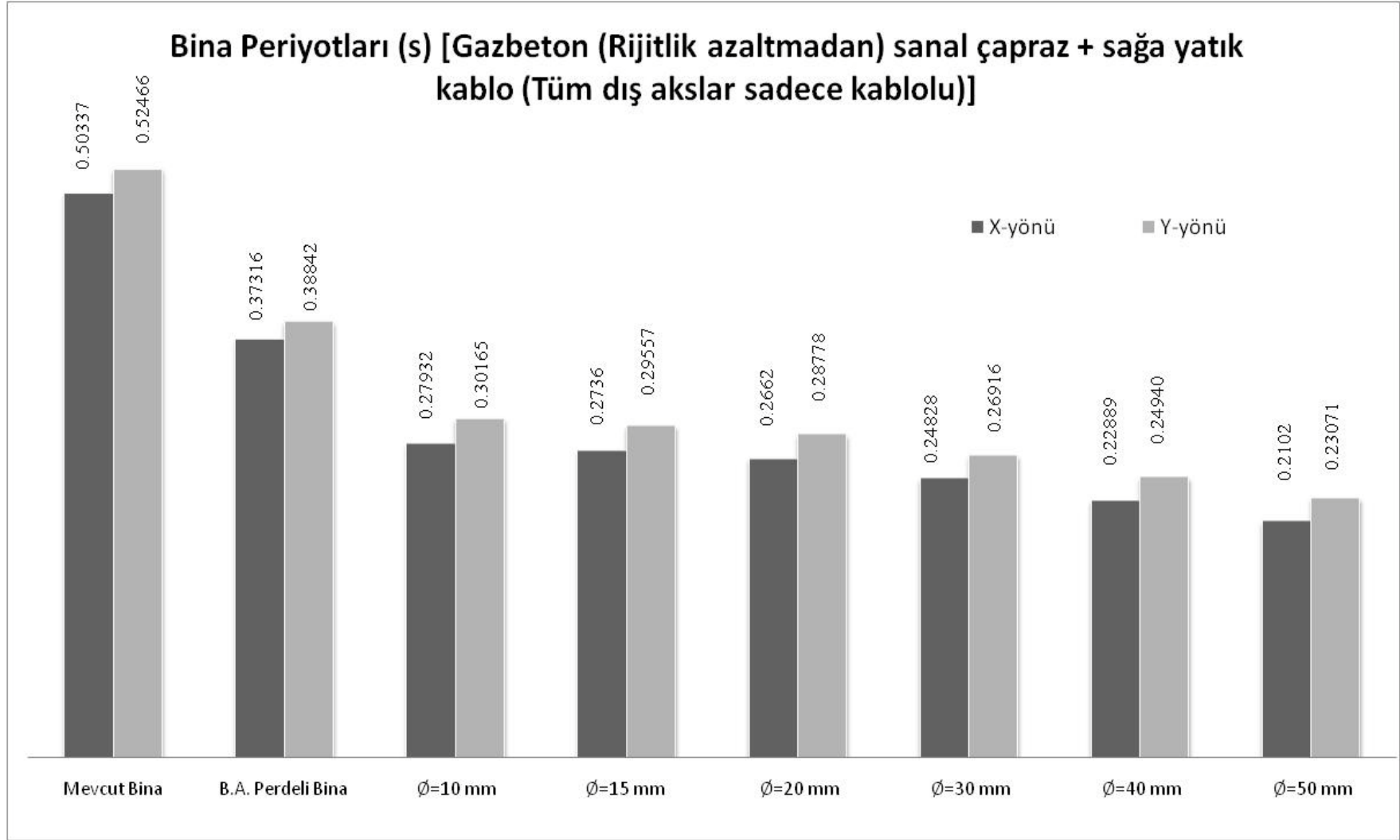
Maksimum İç Kuvvetler	
V( kN)	M (kN-m)
7228.98	10965.61

Diğer modellere ait sonuçlar Şekil 3.32, 3.33 ve 3.34'de grafiksel olarak verilmiştir. Diyagonal eleman olan kablolar yüksek kapasitede düktil olup, çekmede büyük bir plastik deformasyon yapma kapasitesine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı kablo çapı ve miktarı artııkça bina daha düktil hale gelmektedir. Ayrıca kablo çapı ve miktarı artııkça binanın rijitliğide artmakta ve buna bağlı olarak binada oluşan görelı kat ötelenmeleri, bina periyotları ve içsel kuvvetler azalmaktadır.

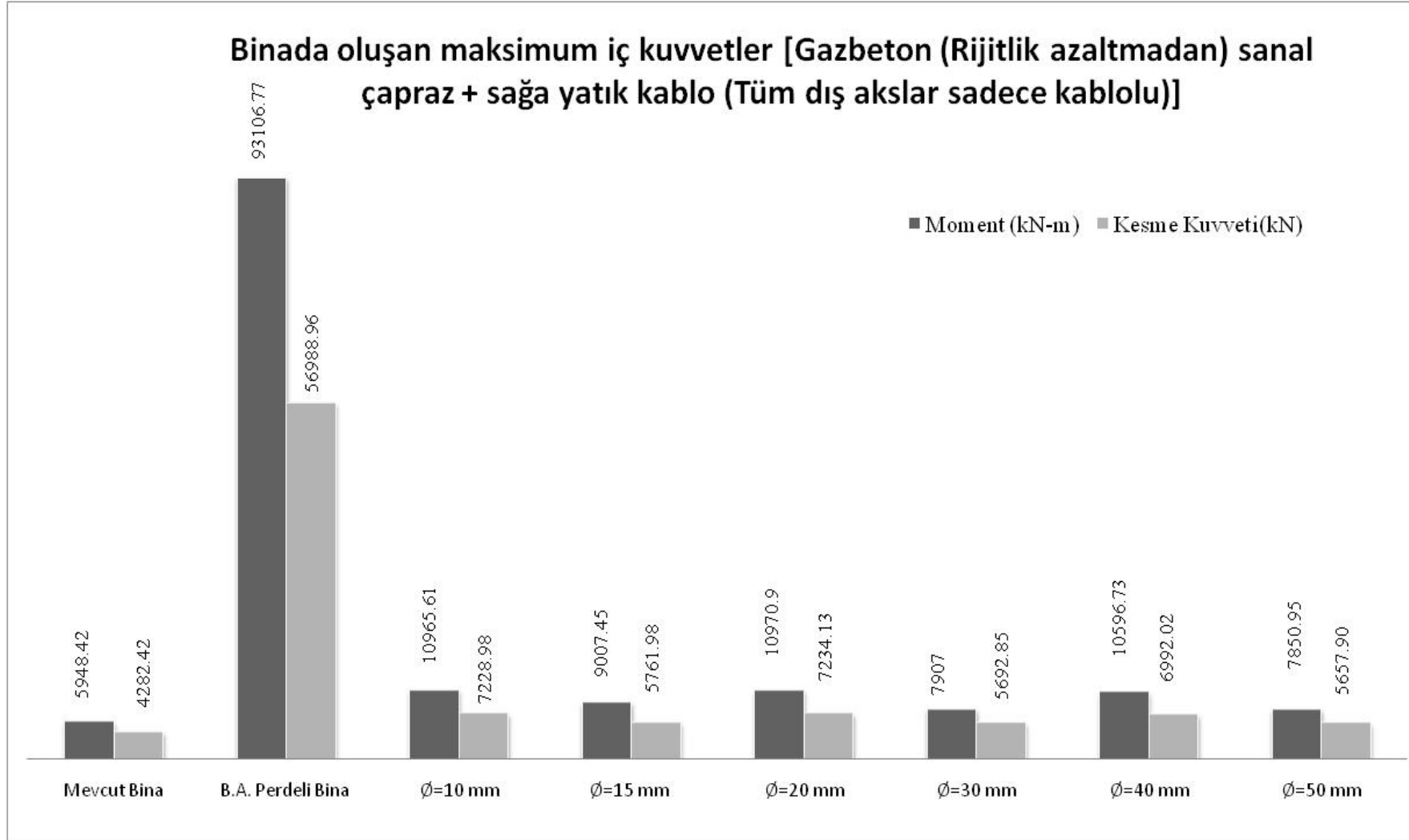


**Şekil 3.32.** Görelî kat ötelenmeleri (sola yatık gazbeton (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (tüm dış akslar kablolu))





**Şekil 3.33.** Bina periyotları (sola yatık gazbeton (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (tüm dış akslar kablolu))



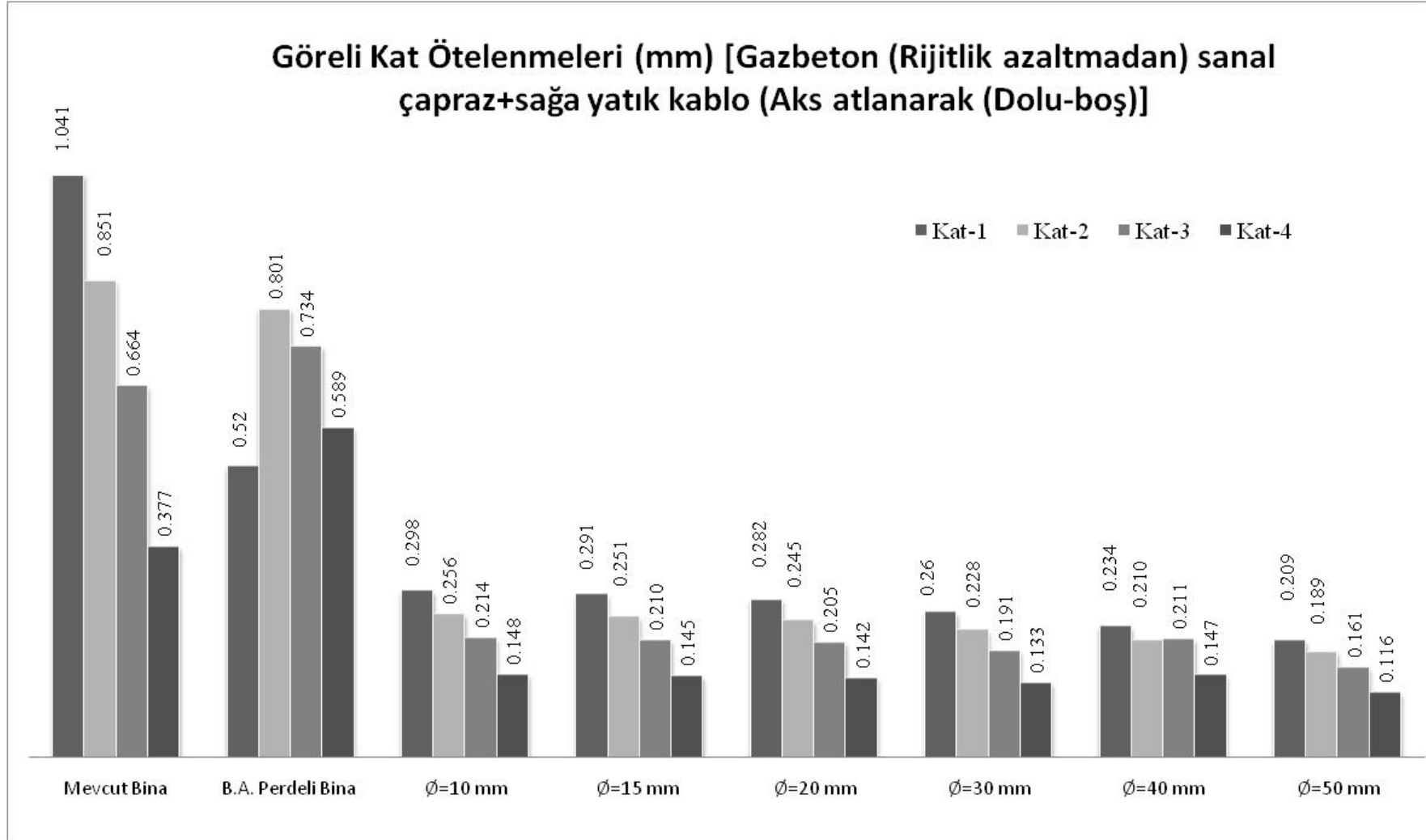
**Şekil 3.34.** Binada oluşun maksimum iç kuvvetler (sola yatık gazbeton (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (tüm dış akslar kablolu))

### **3.6.2. Model-6/A-2 Gazbeton Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Tüm Dış Akslar Çelik Halatlı Durum**

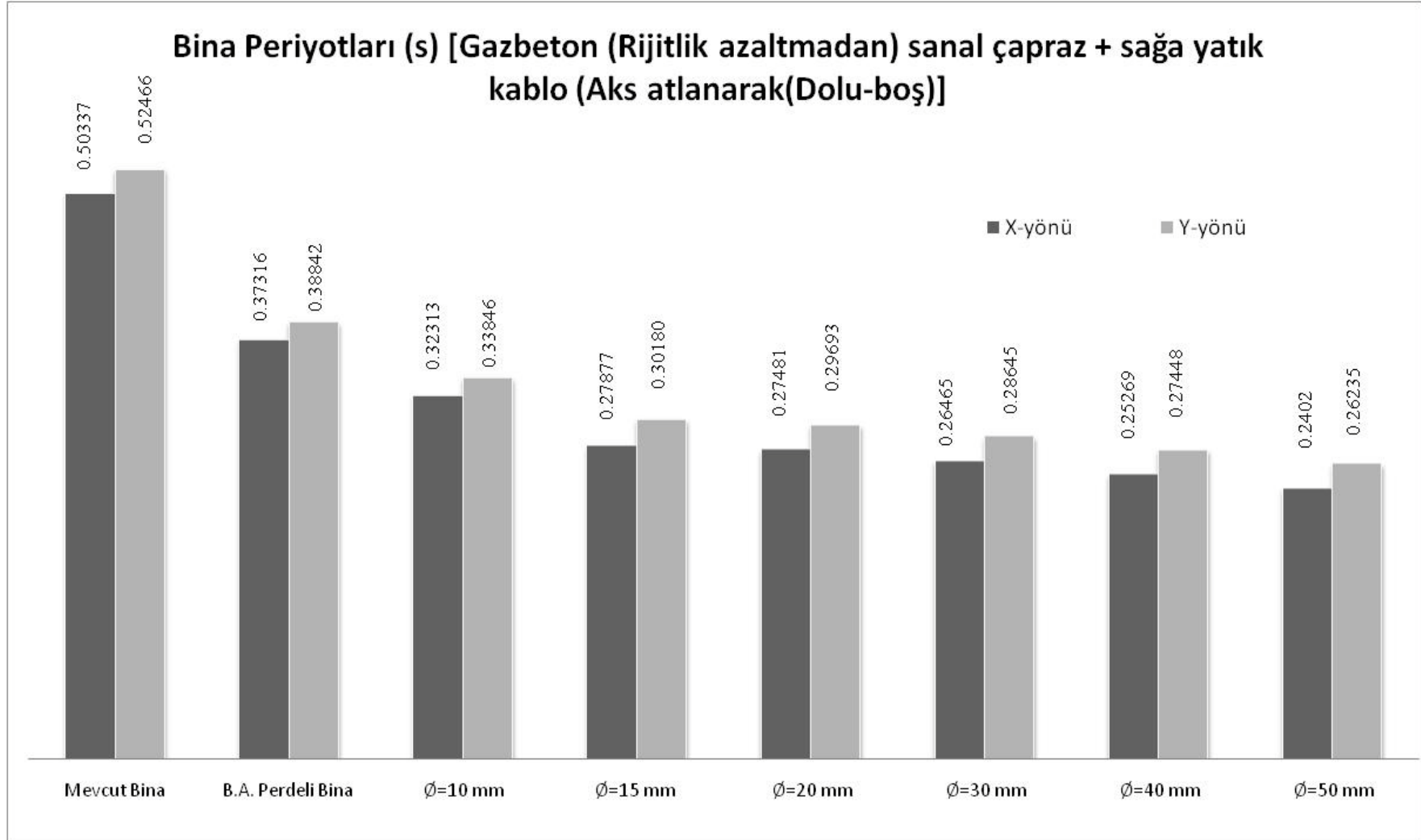
Model-6/A-2'deki tüm hesaplamalar Model-6/A-1'deki aynısı gibidir. Sadece eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken rijitlik azaltma katsayısı  $\lambda_{\text{grafik}}$  kullanılmıştır. [5] (Bkz. EK 7,8,9)

### **3.6.3. Model-6/B-1 Gazbeton Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum**

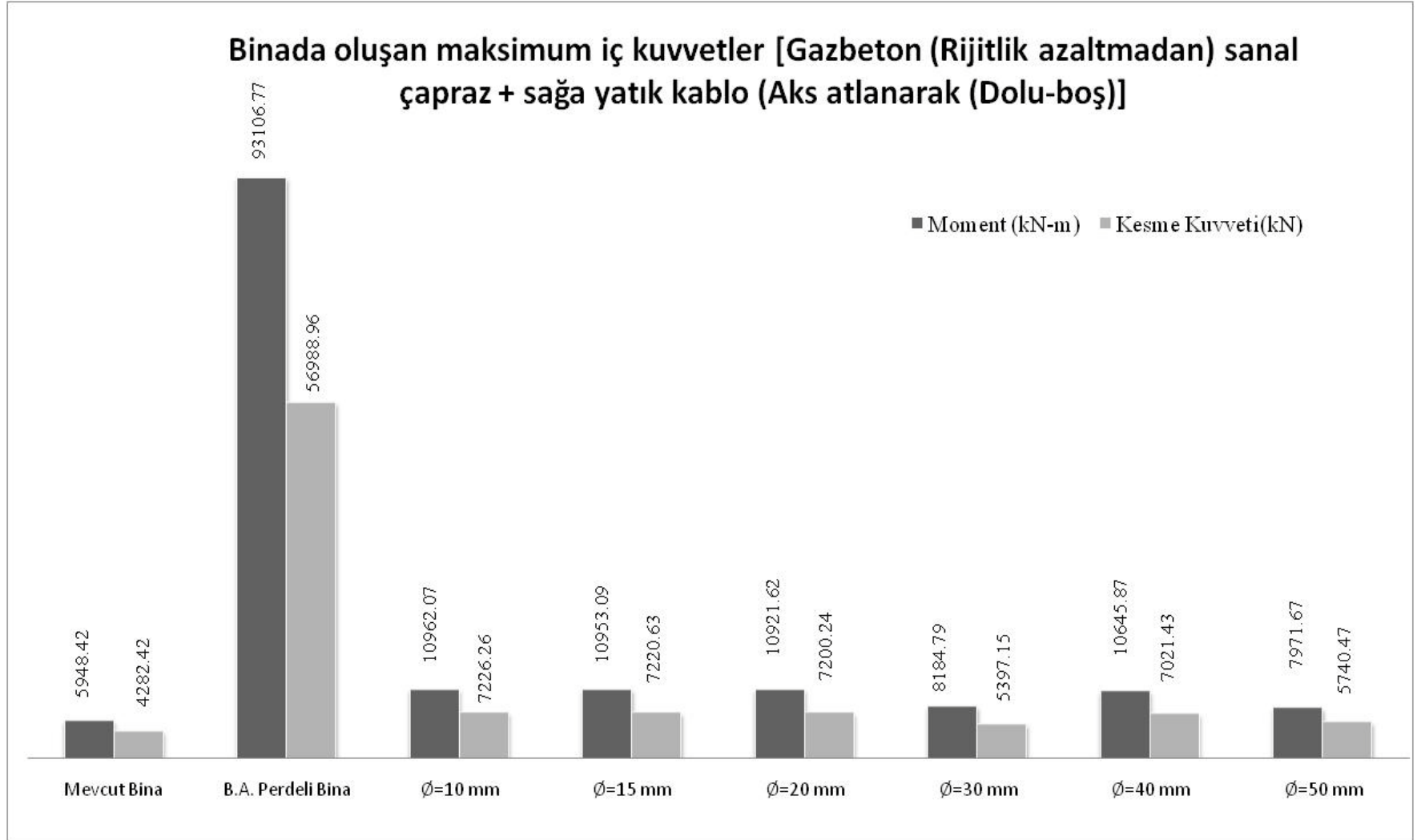
Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb. olabilir. Model-6/B-1'de bina performansını artırmak için gazbeton duvarların bina performansına etkisi ve çelik halatlarında aks atlanarak (dolu-boş) en alt kattan en üst kata kadar devam edecek şekilde, sadece halat çapları değiştirilerek halatların bina performansına katkısı bu modelde araştırılmaya çalışılmıştır. Model-6/B-1'deki tüm hesaplamalar Model-6/A-1 ile aynıdır.



**Şekil 3.35.** Görelî kat ötelenmeleri (sola yatık gazbeton (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (aks atlanarak (dolu-boş))



**Şekil 3.36.** Göreli kat ötelenmeleri (sola yatık gazbeton (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (aks atlanarak (dolu-boş))



**Şekil 3.37.** Göreli kat ötelenmeleri (sola yatık gazbeton (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (aks atlanarak (dolu-boş))

### 3.6.4. Model-6/B-2 Gazbeton Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum

Model-6/B-2'deki tüm hesaplamalar Model-6/A-1'deki aynısı gibidir. Sadece eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken rijitlik azaltma katsayısı  $\lambda_{\text{grafik}}$  kullanılmıştır. [5] (Bkz. EK 10,11,12)

### 3.7 Model-7/A-1 Bims Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Tüm Dış Akslar Çelik Halatlı Durum

Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb. olabilir. Model-7/A-1'de bina performansını artırmak için bims duvarların bina performansına etkisi ve çelik halatlarla ve çelik halatlarında tüm aks açıklıklarında en alt kattan en üst kata kadar devam edecek şekilde, sadece halat çapları değiştirilerek halatların bina performansına katkısı bu modelde araştırılmaya çalışılmıştır. Bims elemanların elastisite modülü ( $E_m$ ) ile ilgili olarak literatürde bir çalışma bulunamamıştır. Bundan dolayı bims elemanlardan oluşmuş dolgu duvar elastisite modülü ( $E_m$ ) 7000 MPa ve yoğunluğu  $6 \text{ kN/m}^3$  alınmıştır. (www.blokbims.com.tr)

**Çizelge 3.52.** Model-7/A-1 ait döşeme yükleri

KAT	Sabit Yük ( $\text{kN/m}^2$ )	Hareketli Yük ( $\text{kN/m}^2$ )
Çatı	4,50	-
Normal	4,50	2,00

### 3.7.1. Model-7/A-1 Bims Duvar Rijitlik Azaltmadan ve Tüm Dış Akslar Çelik Halatlı Durum (Halat Çapları Tüm Katlarda 1 cm)

Model-7/A-1 ait denenen kablo çapları ile ilgili olarak tüm katlarda halat çapı 1 cm olan binanın deprem hesabı ve sonuçları örnek olarak verilmiştir. Denenen diğer iterasyonlarda aynı şekilde hesaplanmıştır.

Döşeme :12cm

Duvar Kalınlığı : 20 cm (Normal katlarda dış çevre kirişleri üzerinde) 4.80 kN/m duvar yükü ve 10 cm (Normal katlarda iç kirişler üzerinde) 2.40 kN/m duvar yükü vardır. Çatı katı kirişleri üzerinde duvar yükü yoktur.

Kirişler : Kenar kirişler yarım tablalı (YT) ,ortadaki kirişler tam tablalı (TT) kiriş olarak analiz yapılmıştır.Kirişlerde etkili tabla genişliği bölüm 3.1.1'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Kiriş kendi ölü ağırlığı ortalama 2.75 kN/m alınmıştır.

### 3.7.1.1. Bina Bilgileri

Kat sayısı : 4

Bodrum kat Sayısı : -

Bina önem katsayısı : 1

Taşıyıcı sistem türü : Yerinde dökme betonarme çerçevesel sistem

Kat yükseklikleri : Birinci kat 4.0 m diğer üç kat 3.0'er m'dir.

### 3.7.1.2. Deprem Bilgileri

Deprem bölgesi : 1

Etkin yer ivmesi katsayısı :  $A_0=0.40$

Yerel zemin sınıfı : Z2

Spektrum karakteristik periyotları :  $T_A=0.15, T_B=0.40$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı : 8

Deprem yönü : X ve Y

### 3.7.1.3 Kat Ağırlıkları

**Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n): W (kN)**



**Çizelge 3.53.** Model-7/A-1'e ait döşeme hareketli yük artırma katsayıları

Döşeme Adı	Hareketli Yük Artırma Katsayısı (n) (Konut türü yapılar)
D1	0.3
D2	0.3
D3	0.3
D4	0.3

**Çizelge 3.54.** Model-7/A-1'e ait kat ağırlıkları

KAT NO	W (kN)
4	551.3
3	492.6
2	555.9
1	555.9
$\Sigma$	2155.7

#### 3.7.1.4. Fiktif Kat Yüklerinin Hesabı:

**Çizelge 3.55.** Model-7/A-1'e ait fiktif yüklerin hesabı

Kat	$h_i$ (m)	$H_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i \cdot H_i$	Oran = $\frac{W_i \cdot H_i}{\Sigma W_i \cdot H_i}$
4	3	13	551.3	7167.4	0.394
3	3	10	492.6	4926.0	0.271
2	3	7	555.9	3891.3	0.214
1	4	4	555.9	2223.6	0.122
Toplam			2155.7	18208.3	

### 3.7.1.5. Modal Analiz ile Bina Periyodu ve Toplam Eş Değer Deprem Yüğü Hesabı

SAP2000 Programı ile model çözülürken mode sayısı 12 (her katta 3 kütle (3 serbestlik dereceli X ve Y yönünde ötelenme, Z yönünde dönme) bulunmakta toplam 4 katlı yapı,  $3*4=12$ ) olarak girilir. Ve çözüm sonucunda bulunan periyot asal periyottur ve direk deprem hesabında bu kullanılır. SAP2000 ile Periyot hesabından aşağıdaki değerler bulunmuştur.

$$T_x=0.19001 \text{ s}$$

$$T_y=0.22045 \text{ s}$$

Bina önem katsayısı  $I=1.0$  (konut)

Deprem yükü azaltma katsayısı:  $(0.19001, 0.22045 > T_A) \quad R(T_{x,y})=R=8$

Spektrum katsayısı:  $(T_A < 0.19001, 0.22045 < T_B)$  ise  $S(T_{x,y})=2,5$

Spektral ivme katsayısı:

$$A(T_x)=A_0 * I * S(T_x)=0.40 * 1 * 2.5=1.0 \quad (3.44)$$

$$A(T_y)=A_0 * I * S(T_y)=0.40 * 1 * 2.5=1.0$$

Toplam Eş Değer Deprem Yüğü:

$$V(T_x)= W * A(T_x) / R_a(T_x)= 2155.7 * 1.0 / 8=269.46 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$V(T_y)= W * A(T_y) / R_a(T_y)= 2155.7 * 1.0 / 8=269.46 \text{ kN (Toplam Kuvvet)}$$

$$W=g_i+n*q_i \text{ (n=0.3 konutlarda)}$$

### 3.7.1.6. Eş Değer Kat Deprem Yüklerinin Hesabı

Model-7 ait deprem kuvveti yönleri ve dış merkezlikler Model-1'deki ile aynıdır. Deprem yönetmeliğine göre deprem yükleri  $\pm 0.05$  dışmerkezlikler de göz önüne alınarak kat hizalarına etki ettirilecektir. Deprem yükleri her katta belirlenen Eş Değer Deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, kaydırılmış kütle merkezlerine tekil kuvvet olarak

uygulanmıştır.

$$F=(V_t-\Delta F_n) \frac{W_i H_i}{\sum_{J=1}^N W_j H_j} \quad \Delta F_n=0 \quad (3.45)$$

**Çizelge 3.56.** Model-7/A-1'e ait eş değer kat değer kat değerem yükleri

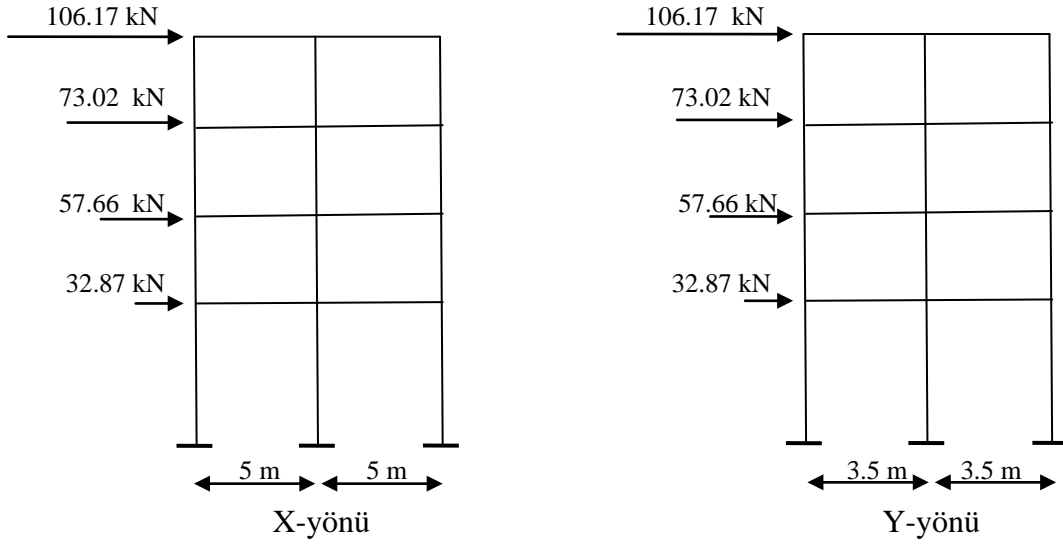
Kat	$h_i(m)$	$H_i(m)$	$W_i(kN)$	$W_i*H_i$	oran	$F_{ix}$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)	$M_{ix}$ (kN-m)	$M_{iy}$ (kN-m)
4	3	13	551.3	7167.4	0.394	106.17	106.17	37.16	53.09
3	3	10	492.6	4926.0	0.271	73.02	73.02	25.56	36.51
2	3	7	555.9	3891.3	0.214	57.66	57.66	20.18	28.83
1	4	4	555.9	2223.6	0.122	32.87	32.87	11.50	16.44
Toplam			2155.7	18208.3		269.72	269.72		

$$\text{Örnek: } F_{ix}=269.46 \frac{7167.4}{18208.3}=106.17 \text{ kN} \quad (3.46)$$

$$M_{ix}= F_{ix}*0.05*L$$

$$=106.17*0.05*7 \text{ m}=37.16 \text{ kN-m}$$

Diğer kuvvetler ve momentlerde örnekte gösterildiği şekilde bulunmuş ve binanın kütle merkezine etki ettirilmiştir (Şekil 3.38).



Şekil 3.38. Model-7/A-1 ait katlara etkiyen deprem kuvvetleri

### 3.7.1.7. Görelî Kat Ötelenmeleri Kontrolü

Çizelge 3.57. Model-7/A-1'e ait görelî kat ötelenmeleri kontrolü

Kat No	$h_i$ (m)	$(\Delta_i)_{\max} / h_i$
4	3	0,000068
3	3	0,000097
2	3	0,000115
1	4	0,000129

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R = 0.0025$$

### 3.7.1.8. Bina Periyotları

Çizelge 3.58. Model-7/A-1'e ait bina periyotları

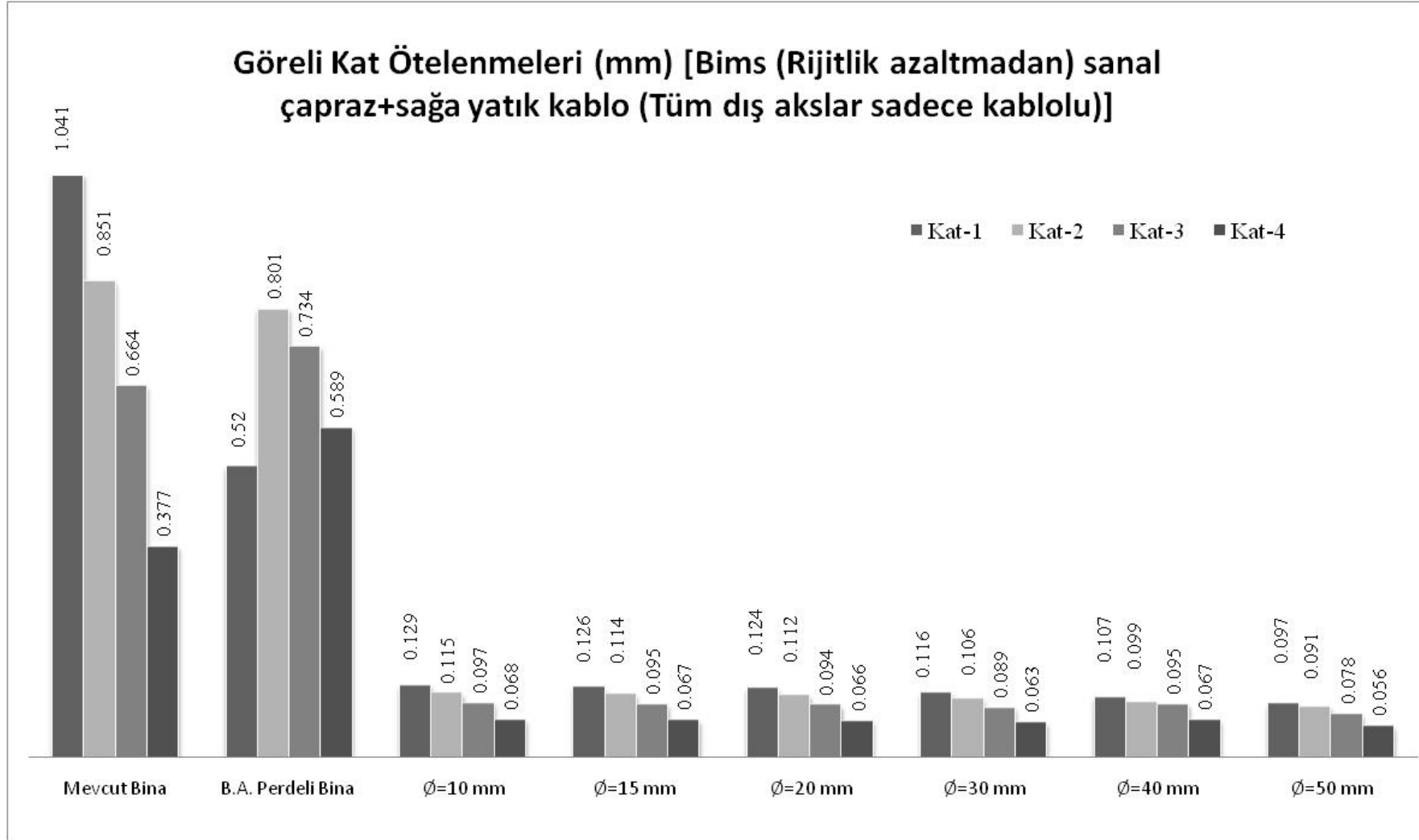
Bina Periyotları (s)	
$T_x$	$T_y$
0.19001	0.22045

### 3.7.1.9. Binada Oluşan Maksimum İç Kuvvetler

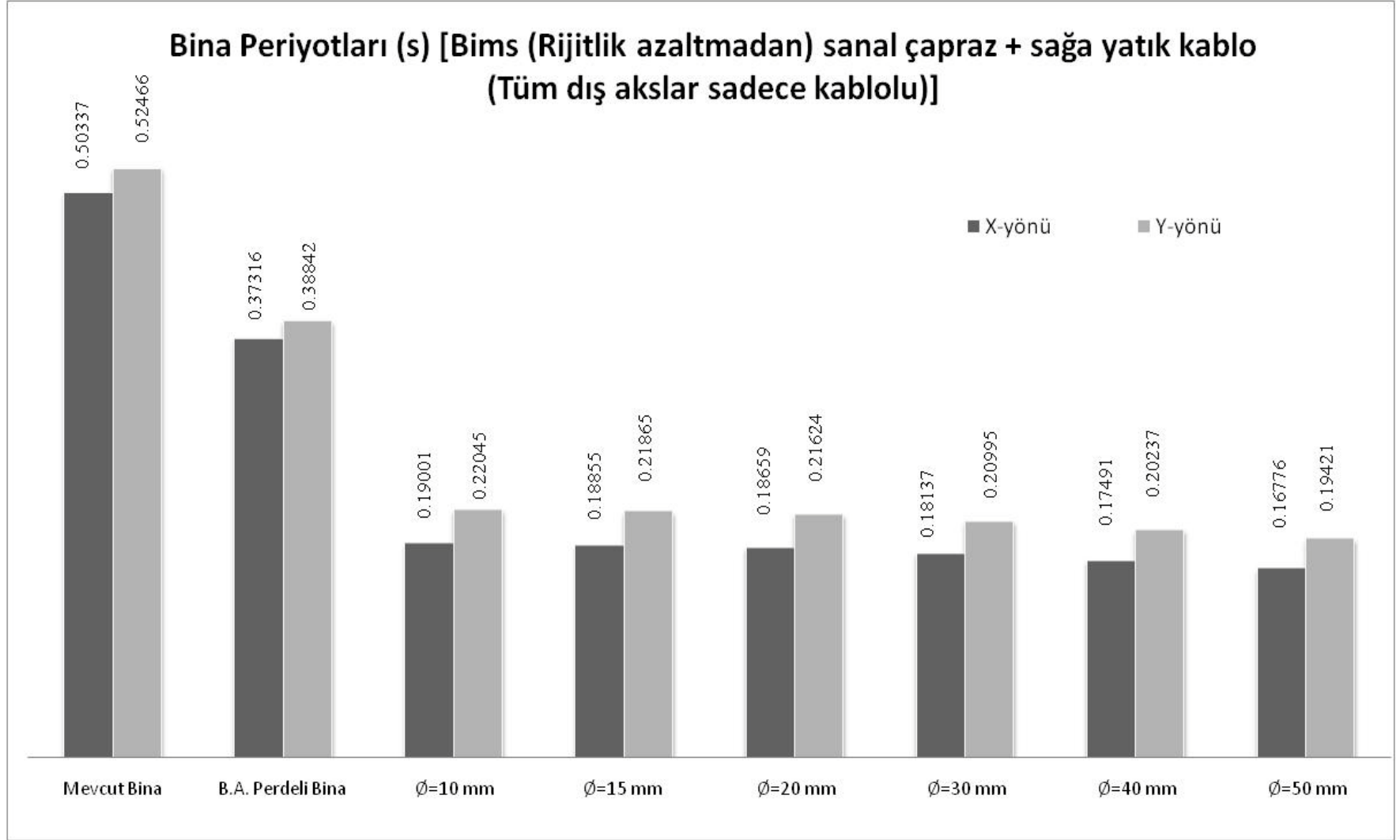
**Çizelge 3.59.** Model-7/A-1'e ait maksimum iç kuvvetler

<b>Maksimum İç Kuvvetler</b>	
<b>V( kN)</b>	<b>M (kN-m)</b>
6151.75	9253.60

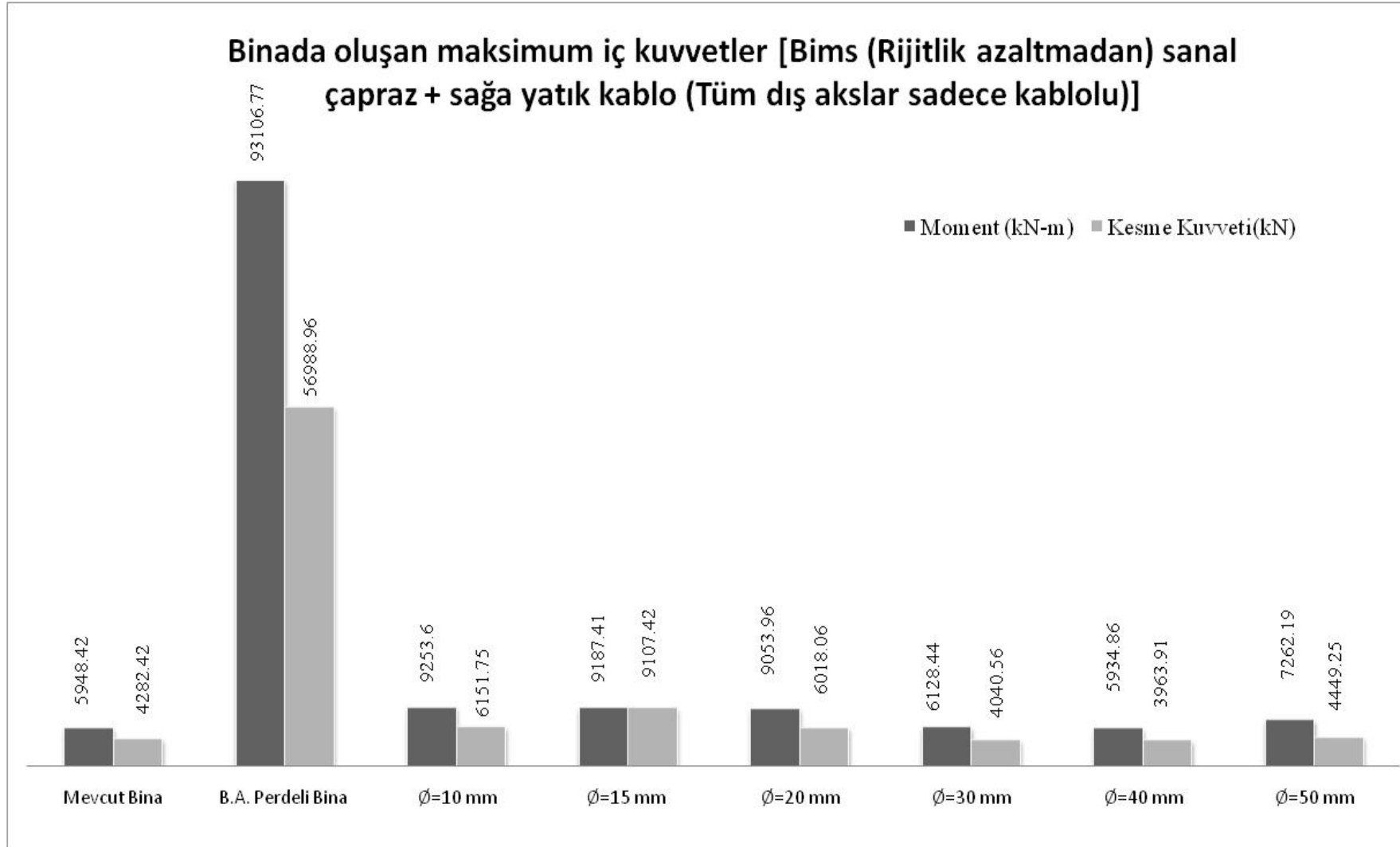
Diğer modellere ait sonuçlar Şekil 3.39, 3.40 ve 3.41'de grafiksel olarak verilmiştir. Diyagonal eleman olan kablolar yüksek kapasitede düktil olup, çekmede büyük bir plastik deformasyon yapma kapasitesine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı kablo çapı ve miktarı artıkça bina daha düktil hale gelmektedir. Ayrıca kablo çapı ve miktarı artıkça binanın rijitliğide artmakta ve buna bağlı olarak binada oluşan görelî kat ötelenmeleri, bina periyotları ve içsel kuvvetler azalmaktadır.



**Şekil 3.39.** Görelî kat ötelenmeleri (sola yatık bims (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (tüm dış akslar kablolu))



**Şekil 3.40.** Bina periyotları (sola yatık bims (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (tüm dış akslar kablolu))



**Şekil 3.41.** Bina periyotları (sola yatık bims (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (tüm diş akslar kablolu)

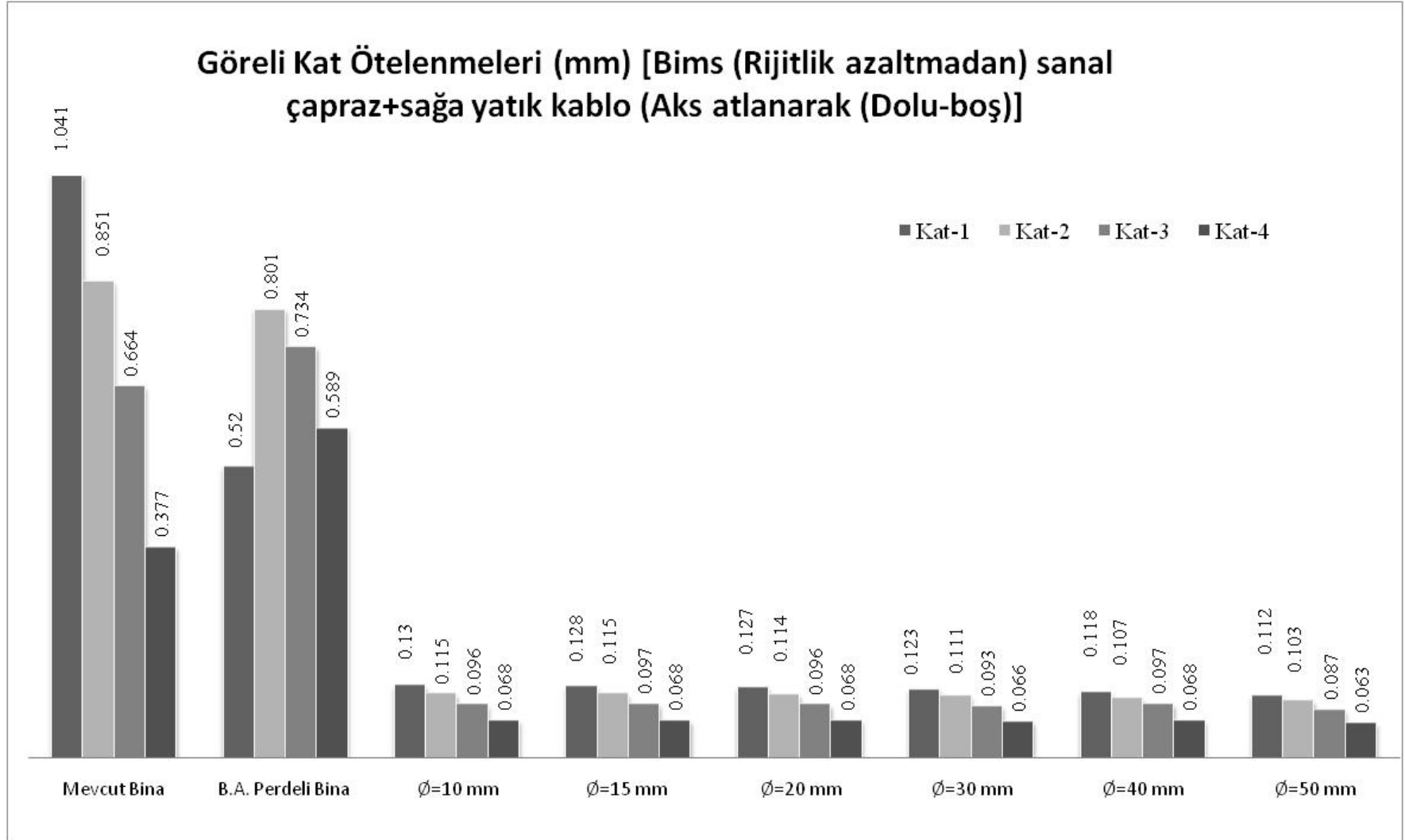


### **3.7.2. Model-7/A-2 Bims Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Tüm Dış Akslar Çelik Halatlı Durum**

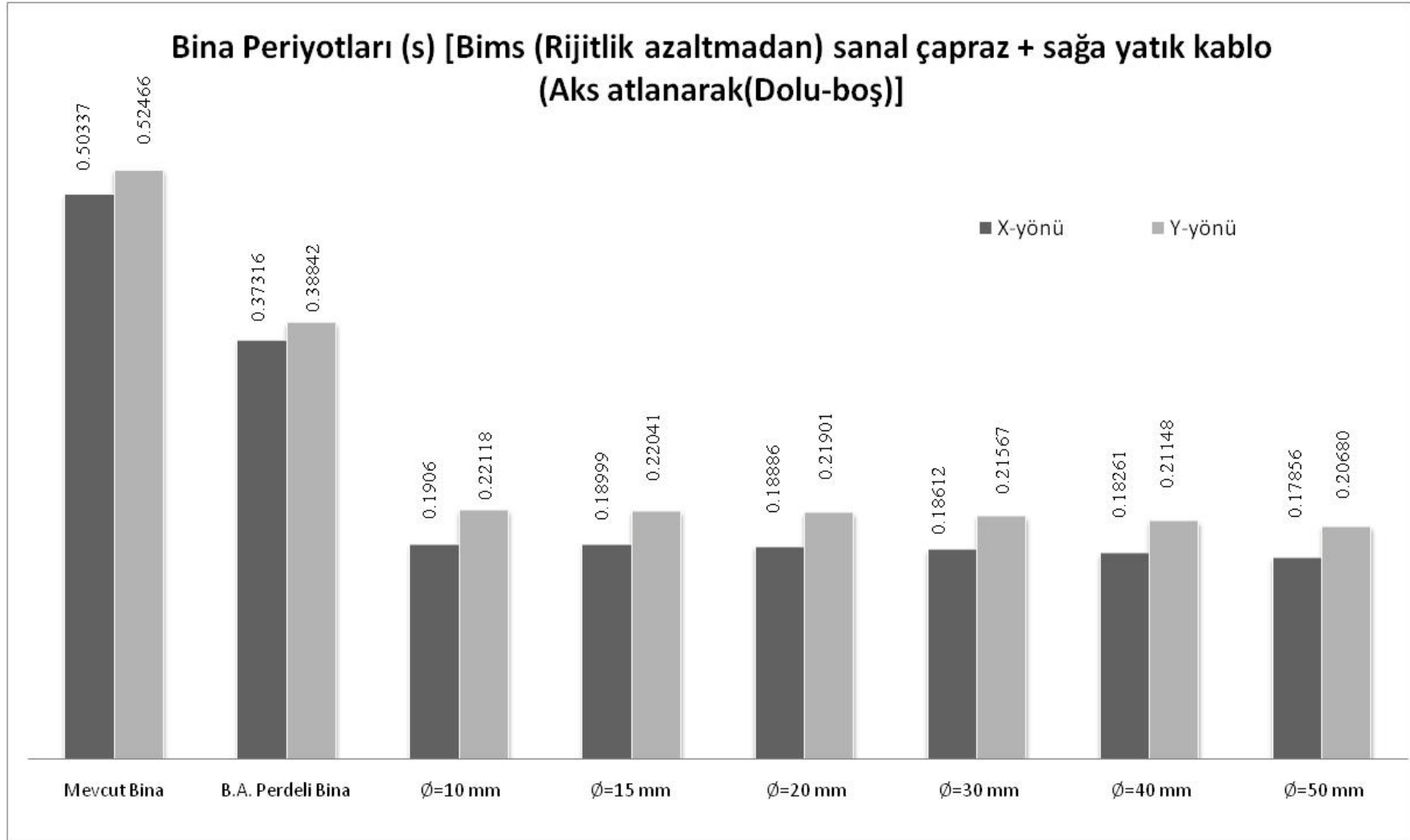
Model-7/A-2'deki tüm hesaplamalar Model-7/A-1'deki aynısı gibidir. Sadece eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken rijitlik azaltma katsayısı  $\lambda_{\text{grafik}}$  kullanılmıştır. [5] (Bkz. EK 13,14,15)

### **3.7.3. Model-7/B-1 Bims Duvar (Rijitlik Azaltmadan) ve Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum**

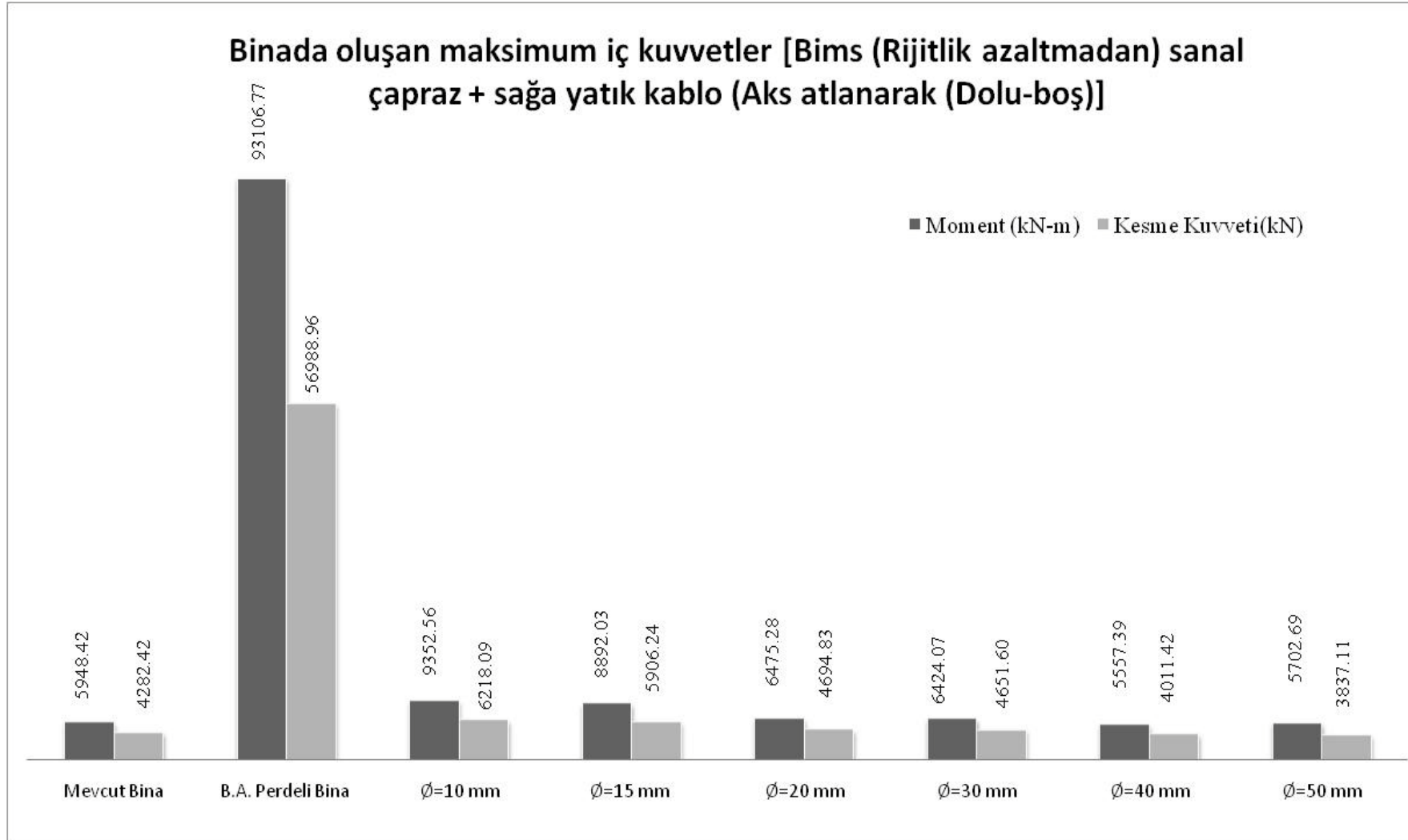
Modeldeki hareketli yük çatı katında  $Q=0 \text{ kN/m}^2$  normal katlarda  $Q=2 \text{ kN/m}^2$  ve bina önem katsayısının 1 olması durumu göz önüne alınmıştır. Bu tür yapılar Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb. olabilir. Model-7/B-1'de bina performansını artırmak için bims duvarların bina performansına etkisi ve çelik halatlarında aks atlanarak (dolu-boş) en alt kattan en üst kata kadar devam edecek şekilde, sadece halat çapları değiştirilerek halatların bina performansına katkısı bu modelde araştırılmaya çalışılmıştır. Model-7/B-1'deki tüm hesaplamalar Model-7/A-1 ile aynıdır.



**Şekil 3.42.** Görelî kat ötelenmeleri (sola yatık bims (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz +sağa yatık kablo (aks atlanarak (dolu-boş))



**Şekil 3.43.** Bina periyotları (sola yatık bims (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (aks atlanarak (dolu-boş))



**Şekil 3.44.** Binada oluşun maksimum iç kuvvetler (sola yatık bims (rijitlik azaltmadan) sanal çapraz + sağa yatık kablo (aks atlanarak (dolu-boş))

### 3.7.4. Model-7/B-2 Bims Duvar (Rijitlik Azaltarak) ve Aks Atlanarak (Dolu-Boş) Çelik Halatlarla Güçlendirildiği Durum

Model-7/B-2'deki tüm hesaplamalar Model-7/A-1'deki aynısı gibidir. Sadece eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken rijitlik azaltma katsayısı  $\lambda_{\text{grafik}}$  kullanılmıştır. [5] (Bkz. EK 16,17,18)

### 3.8. Model-8 Rijitliği Azaltılan Tuğla Dolgu Duvarlı Betonarme Binaya Hatıl Eklerek Performansının İncelenmesi

Bu modelde tuğla duvarların eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken rijitlik azaltma katsayısı  $\lambda_{\text{grafik}}$  (Asteris,2003) kullanılmadan eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği SAP2000 programına girilmiş ve binanın performansına bakılmıştır. Elde edilen veriler aşağıda verilmiştir.

#### TUĞLA (RİJİTLİK AZALTMADAN)

**Çizelge 3.60.** Tuğla dolgu (rijitlik azaltmadan) binada oluşan maksimum iç kuvvetler, periyotlar ve ötelenmeler

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü	Kat	Ötelenme (m)	$M_{\text{mak.}}$ (kN-m)	$V_{\text{mak}}$ (kN)
0.24777	0.21502	1	0.000165	6391.34	3826.09
		2	0.000144		
		3	0.000116		
		4	0.000076		

Daha sonra tuğla duvarların eşdeğer sanal basınç çubuğunun genişliği hesaplanırken rijitlik azaltma katsayısı  $\lambda_{\text{grafik}}$  (Asteris,2003) kullanılmış ve eşdeğer sanal basınç çubuklarıyla birlikte betonarme hatıllar SAP2000 programına girilmiştir. Burada rijitliği azaltılan eşdeğer sanal basınç çubuklarının hatıllarla desteklenerek binanın performansını rijitliği azaltılmamış eşdeğer sanal basınç çubuklu binanın performansına ulaştırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla betonarme hatıllar bağlandıkları kolonlara rijit ve mafsallı bağlanarak hatıl derinlikleri

değiştirilerek analizler yapılmıştır. Daha sonra hatıllar kolonlara ve kirişlere aynı anda rijit bağlanarak ilave analizler yapılmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 3.61.** Tuğla dolgu (rijitlik azaltarak) + hatıllı binada oluşan maksimum iç kuvvetler, periyotlar ve ötelenmeler

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X20 HATIL(KOLONA RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü	Kat	Ötelenme (m)	$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
0.28625	0.25339	1	0.000225	8400.34	5803.77
		2	0.000206		
		3	0.000163		
		4	0.000101		

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X30 HATIL(KOLONA RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü	Kat	Ötelenme (m)	$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
0.27762	0.24845	1	0.000216	8688.10	6454.48
		2	0.000197		
		3	0.000157		
		4	0.000098		

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X40 HATIL(KOLONA RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü	Kat	Ötelenme (m)	$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
0.26660	0.24141	1	0.000205	9121.17	7533.20
		2	0.000185		
		3	0.000148		
		4	0.000093		

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X50 HATIL(KOLONA RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.25620	0.23388

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000193
2	0.000173
3	0.000139
4	0.000088

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
9521.10	8783.46

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X60 HATIL(KOLONA RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.24731	0.22714

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000182
2	0.000162
3	0.000131
4	0.000084

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
9969.31	10155.40

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X70 HATIL(KOLONA RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.24181	0.22167

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000174
2	0.000153
3	0.000125
4	0.000080

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
10768.32	11969.13

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X80 HATIL(KOLONA RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.23744	0.21745

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000168
2	0.000146
3	0.000121
4	0.000078

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
10982.86	12833.52

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X90 HATIL(KOLONA RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.23432	0.21427

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000163
2	0.000141
3	0.000117
4	0.000076

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
11768.04	13889.70

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X20 HATIL(KOLONA+KİRİŞE RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.28422	0.25207

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000223
2	0.000202
3	0.000162
4	0.000100

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
8261.78	5849.41

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X30 HATIL(KOLONA+KİRİŞE RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.27525	0.24682

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000215
2	0.000192
3	0.000155
4	0.000097

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
7084.93	5574.00

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X40 HATIL(KOLONA+KİRİŞE RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.26427	0.23972

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000204
2	0.000179
3	0.000146
4	0.000093

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
9261.19	8268.12



**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X50 HATIL(KOLONA+KİRİŞE RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.25401	0.23228

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000192
2	0.000167
3	0.000138
4	0.000088

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
10531.31	10512.28

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X60 HATIL(KOLONA+KİRİŞE RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.24566	0.22552

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000181
2	0.000150
3	0.000130
4	0.000084

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
11391.20	12384.16

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X70 HATIL(KOLONA+KİRİŞE RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.23932	0.21988

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000173
2	0.000148
3	0.000123
4	0.000080

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
12029.81	13893.81

**TUĞLA (RİJİTLİK AZALTARAK)+20X80 HATIL(KOLONA+KİRİŞE RİJİT BAĞLI)**

Periyot Y-Yönü	Periyot X-Yönü
0.23461	0.21537

Kat	Ötelenme (m)
1	0.000166
2	0.000141
3	0.000118
4	0.000077

$M_{mak.}$ (kN-m)	$V_{mak}$ (kN)
12502.89	15065.11

Elde edilen veriler incelendiğinde tuğla dolgu bir duvarda kapı, pencere vb.gibi boşlukların bulunması durumunda betonarme hatıllar kullanılarak boşlukların binaya getirdiği dezavantaj giderilebilmektedir. Bu tez kapsamındaki betonarme binanın rijitlik azaltmadan eşdeğer sanal basınç çubuğunun sergilediği performansa rijitlik azaltarak eşdeğer sanal basınç çubuğu ile birlikte sadece kolona rijit bağlı 20 cm x 90 cm'lik betonarme bir hatılla veya kolona ve kirişe aynı anda rijit bağlı 20 cm x 80 cm'lik betonarme bir hatılla ulaşılabildiği tespit edilmiştir.

Betonarme hatılların mafsalı bağlanması durumunda betonarme hatılların derinliği artırıldıkça bina periyotları, görelî kat ötelenmeleri ve kolonlarda oluşan maksimum iç kuvvetlerin çok küçük oranda azaldığı görülmüştür.

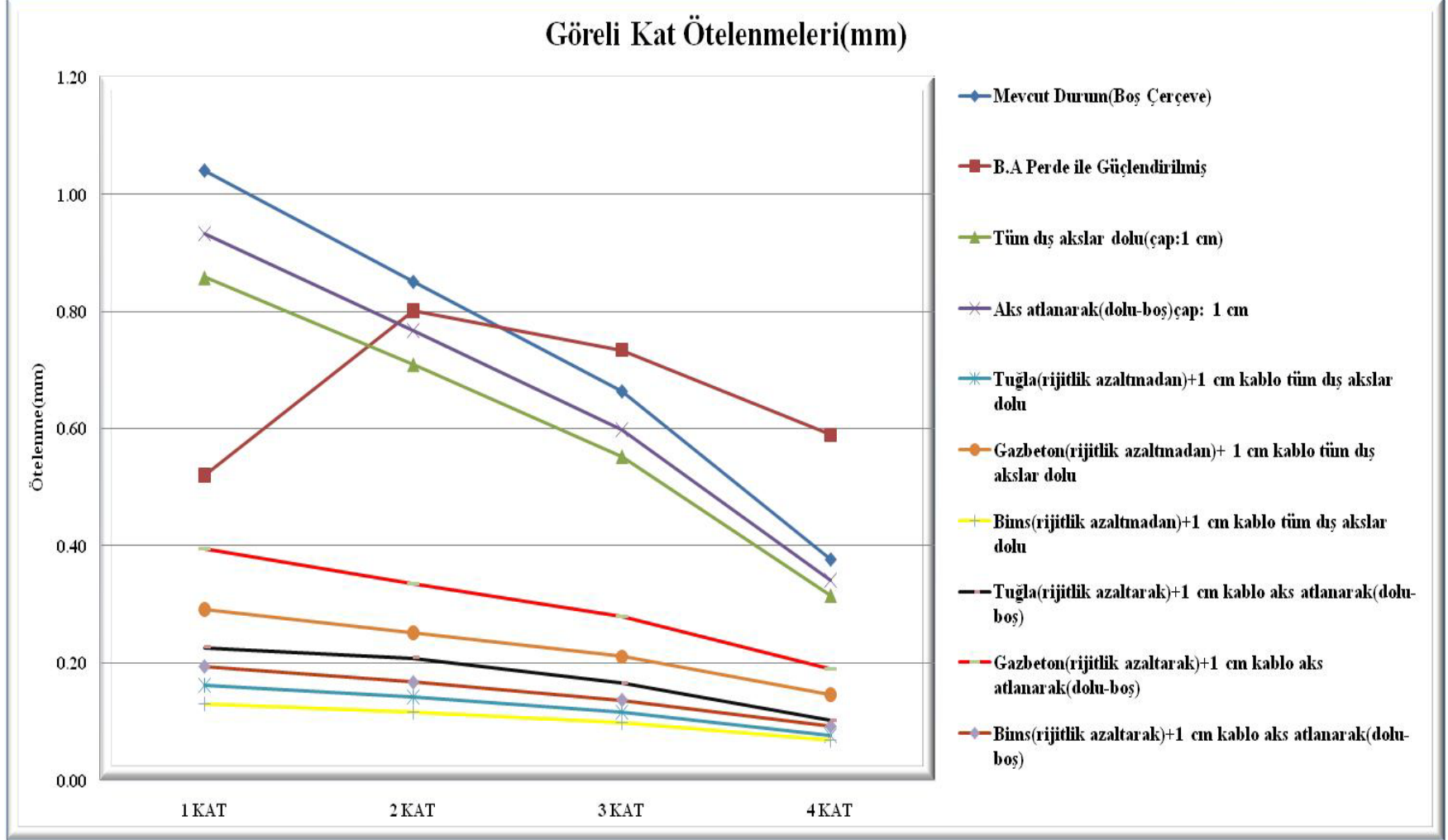
Yapılan analizlerde betonarme hatılların kolonlara ve kirişlere rijit bağlanması durumunda kolonlarda meydana gelen iç kuvvetlerin kısa kolon etkisinden dolayı arttığı görülmüştür. Bu amaçla betonarme hatılların bulunduğu kolonlarda tüm kolon boyunca etriye sıklaştırması yapılarak bu problem ortadan kaldırılmalıdır.

#### **4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada, betonarme binaların dolgu duvarların binaya katkısında düşünülerek çelik halatlarla deprem performanslarının iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

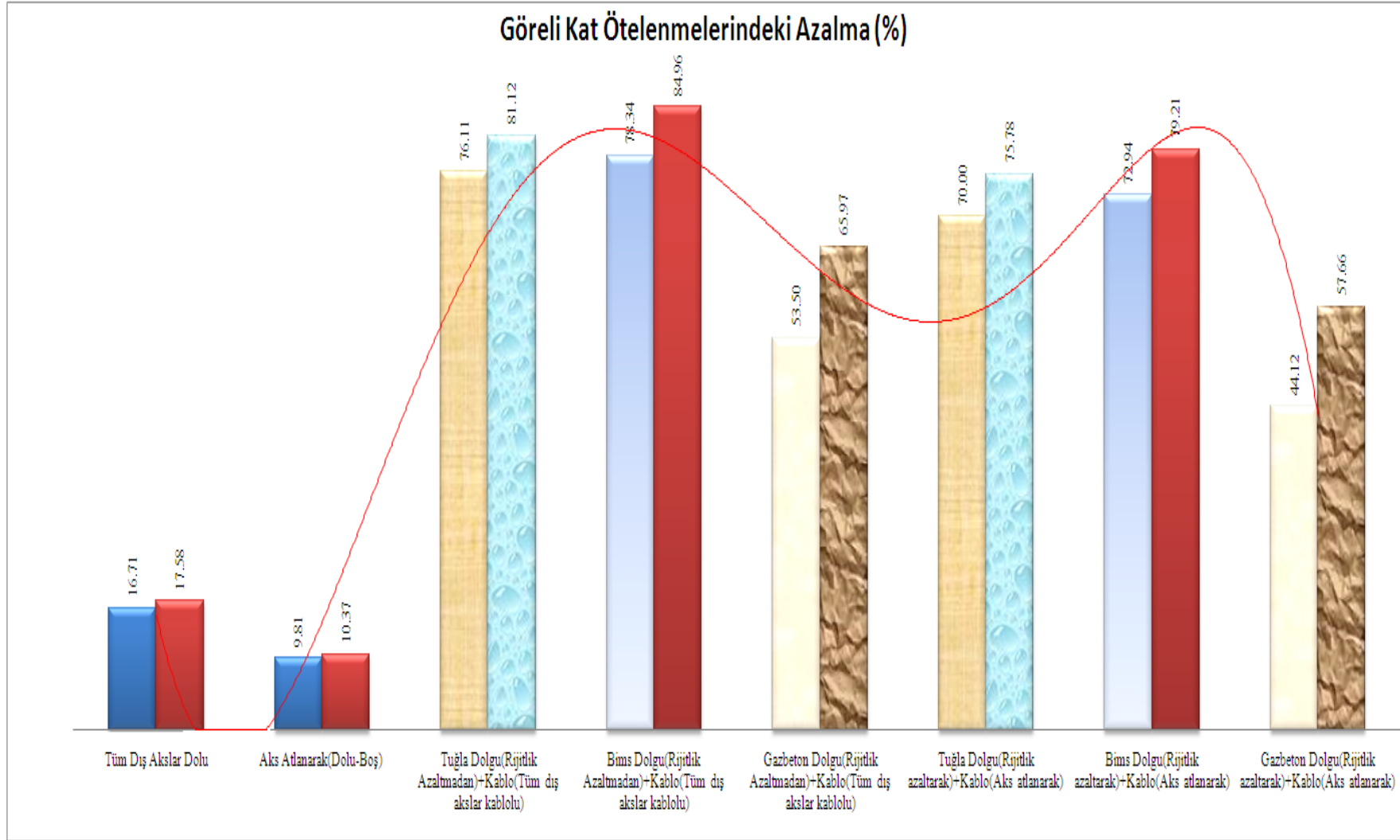
Yapılan analizlerde, mevcut bir binanın deprem analizi Eş Değer Deprem yüküne göre yapılmış ve binanın mevcut performansını incelenmiş ve binanın depremsellik açısından iyi bir performans sergilemediği görülmüştür. Daha sonra mevcut binaya deprem kuvvetlerini ve burulma momentini de alması amacıyla binanın en dış asklarına simetrik olacak şekilde X ve Y doğrultusunda betonarme perdeler eklenmiş ve binanın deprem performansı incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda betonarme perdelerin yatay yükleri taşıdığı ve binanın yatay ötelenmesini sınırladığı görülmüştür.

Daha sonra dolgu duvarların etkisi de düşünülerek dış cepheden çelik halatlarla güçlendirilmiş binanın deprem performansının nasıl değişebileceği halat çapları ve yerleri değiştirilerek ideal betonarme perdelerle güçlendirilmiş binanın performansına nasıl yaklaşılabileceği sorusuna cevap aranmıştır.

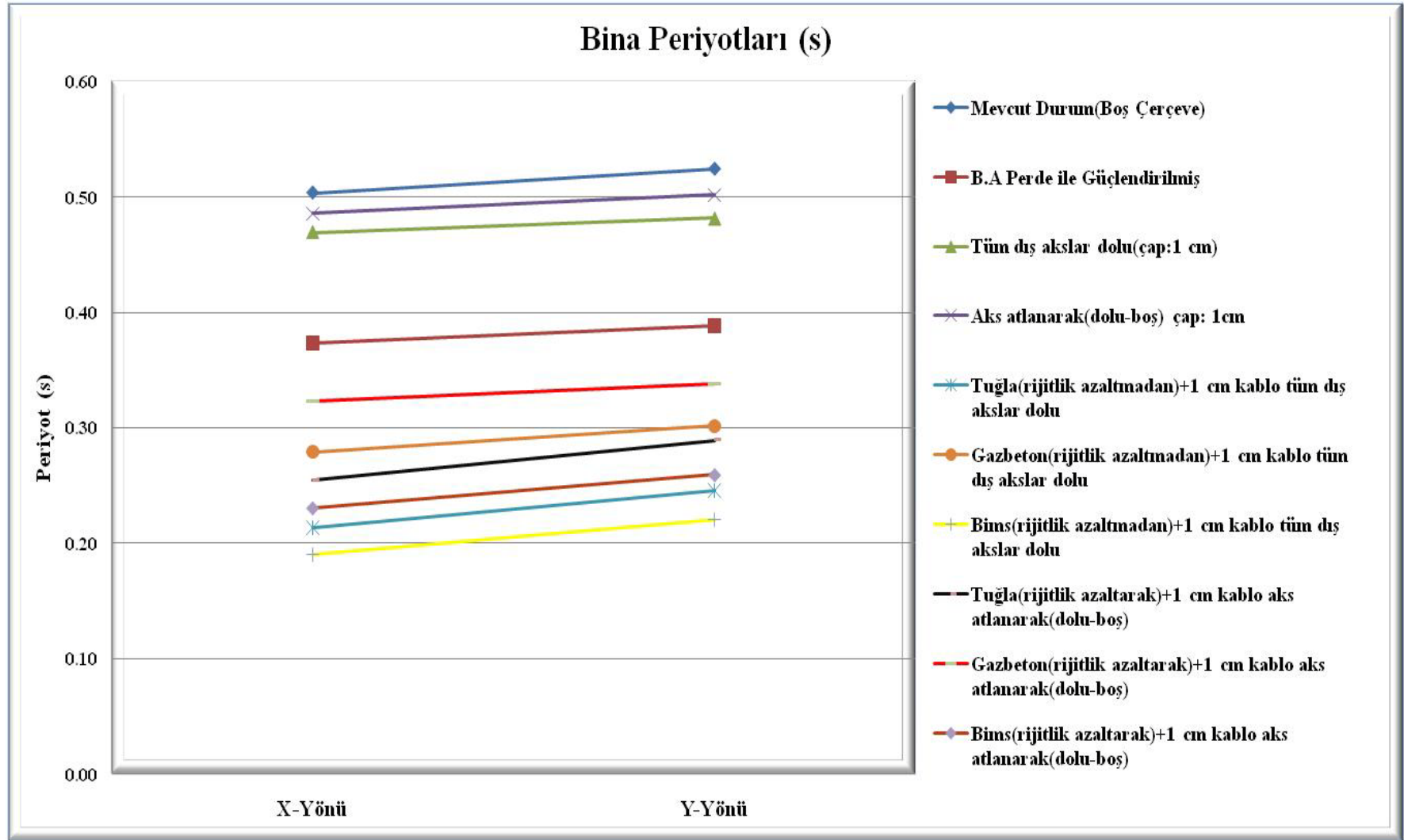


Şekil 3.45. Modellere ait görelî kat ötelenmeleri

- **Şekil 3.45** incelendiğinde en az ötelenmenin elastisite modülü ( $E_m$ ) 7000 MPa olan bims dolgu duvarda olduğu ve ikinci en az ötelenmenin elastisite modülü ( $E_m$ ) 6000 MPa olan tuğla dolgu duvarda olduğu görülmüştür.
- Dolgu duvarlı tüm analizlerin görelî kat ötelenmelerinin betonarme perde ile güçlendirilen sistemden daha küçük olduğu belirlenmiştir. (Betonarme perde oranının dolgu duvar oranına göre küçük olmasından dolayı)
- Tüm dış akslar dolu (kablo çapı=1 cm) sistemi ile mevcut durum (boş çerçeve) karşılaştırıldığında görelî kat ötelenmelerinde, tüm dış akslar dolu (kablo çapı=1 cm) analizinde % 16.71- % 17.58 oranında bir azalma meydana geldiği görülmüştür.
- Aks atlanarak (dolu-boş) (kablo çapı=1 cm) sistemi ile mevcut durum (boş çerçeve) karşılaştırıldığında görelî kat ötelenmelerinde, aks atlanarak (dolu-boş) (kablo çapı=1 cm) analizinde % 9.81 - % 10.37 oranında bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 3.46).
- Tüm dış akslar dolu (kablo çapı=1 cm) sistemi ile dolgu duvar (rijitlik azaltmadan) +1 cm kablo tüm dış akslar dolu sistemler karşılaştırıldığında görelî kat ötelenmelerinde, dolgu duvar (rijitlik azaltmadan) +1 cm kablo tüm dış akslar dolu sisteminde tuğlalı analizlerde % 76.11- % 81.12, bimsli analizlerde % 78.34- % 84.96 ve gazbetonlu analizlerde % 53.50- % 65.97 oranında azalmalar olduğu meydana geldiği gözlenmiştir.
- Aks atlanarak (dolu-boş) (kablo çapı=1 cm) sistemi ile dolgu duvar (rijitlik azaltarak) +1 cm kablo aks atlanarak (dolu-boş) sistemler karşılaştırıldığında görelî kat ötelenmelerinde, dolgu duvar (rijitlik azaltarak) +1 cm kablo aks atlanarak (dolu-boş) sisteminde tuğlalı analizlerde % 70.00- % 75.78, bimsli analizlerde % 72.94- % 79.21 ve gazbetonlu analizlerde % 44.12 - % 57.66 oranında azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir.
- Dolgu duvarların binaya olan katkısının ihmal edildiği durumlarda (sadece kablolu sistemler) görelî kat ötelenmelerinde mevcut binaya (boş çerçeve) göre çok küçük oranlarda bir azalma meydana geldiği ancak dolgu duvarların etkisinde düşünüldüğü sistemlerde sadece kablolu sistemlere göre minimum 2.5 (44.12/17.58) kat daha görelî kat ötelenmelerinde bir iyileştirme meydana getirdiği tespit edilmiştir.



**Şekil 3.46.** Görelî kat ötelenmelerindeki azalmanın grafiksel gösterim



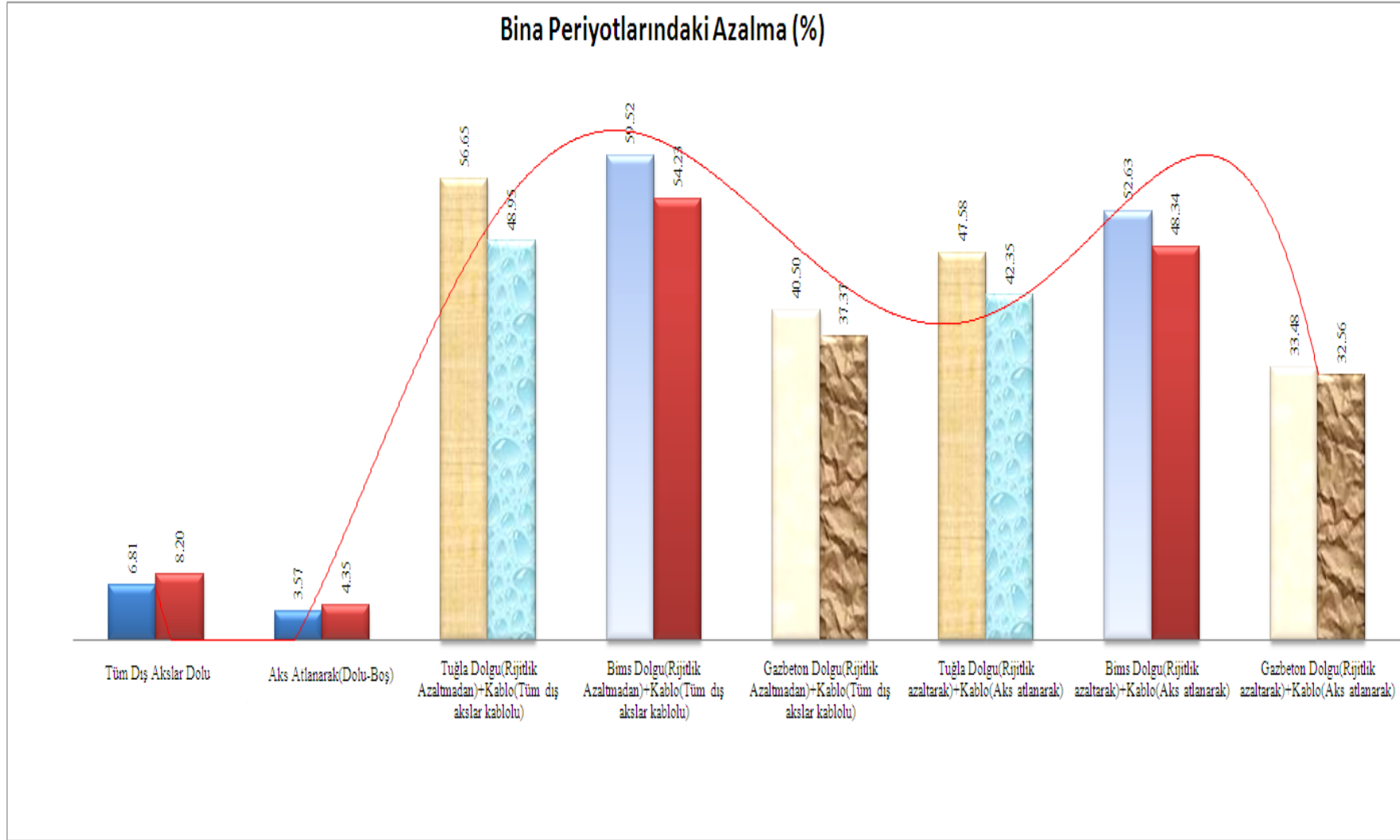
Şekil 3.47. Modellere ait bina periyotları

- **Şekil 3.47** incelendiğinde en az periyodun görelî kat ötelenmesinde olduğu gibi elastisite modülü ( $E_m$ ) 7000 MPa olan bims dolgu duvarda olduğu ve ikinci en az ötelenmenin elastisite modülü ( $E_m$ ) 6000 MPa olan tuğla dolgu duvarda olduğu görölmektedir. Bu sonuçlar bize elastisite modülü ( $E_m$ ) artıkça binanın görelî kat ötelenmelerinin ve periyotlarının azaldığını göstermektedir.
- Dolgu duvarlı tüm analizlerin periyotlarının betonarme perde ile güçlendirilen sistemden daha küçük olduğu belirlenmiştir. (Betonarme perde oranının dolgu duvar oranına göre küçük olmasından dolayı)
- Tüm dış akslar dolu (kablo çapı=1 cm) sistemi ile mevcut durum (boş çerçeve) karşılaştırıldığında tüm dış akslar dolu (kablo çapı=1 cm) analizinde X-yönündeki periyotta % 6.81 ve Y-yönündeki periyotta % 8.20 oranında bir azalma meydana geldiği görölmüştür.
- Aks atlanarak (dolu-boş) (kablo çapı=1 cm) sistemi ile mevcut durum (boş çerçeve) karşılaştırıldığında aks atlanarak(dolu-boş) (kablo çapı=1 cm) analizinde X-yönündeki periyotta % 3.57 ve Y-yönündeki periyotta % 4.35 oranında bir azalma meydana geldiği görölmektedir. Aks atlanarak(dolu-boş) (kablo çapı=1 cm) sistemi için bulunan bu değerler tüm dış akslar dolu (kablo çapı=1 cm) durumu için bulunan değerlerin yaklaşık yarısı kadardır (Şekil 3.48).
- Tüm dış akslar dolu (kablo çapı=1 cm) sistemi ile dolgu duvar (rijitlik azaltmadan) +1 cm kablo tüm dış akslar dolu sistemler karşılaştırıldığında dolgu duvar (rijitlik azaltmadan) +1 cm kablo tüm dış akslar dolu sisteminde X-yönündeki periyotlarda, tuğlalı analizde % 56.65,bimsli analizde % 59.52 ve gazbetonlu analizde % 40.50 ve Y-yönündeki periyotlarda, tuğlalı analizde % 48.95, bimsli analizde % 54.23 ve gazbetonlu analizde % 37.37 oranında bir azalma meydana geldiği görölmüştür.
- Aks atlanarak (dolu-boş) (kablo çapı=1 cm) sistemi ile dolgu duvar (rijitlik azaltarak) +1 cm kablo aks atlanarak (dolu-boş) sistemler karşılaştırıldığında dolgu duvar (rijitlik azaltarak) +1 cm kablo aks atlanarak (dolu-boş) sisteminde X-yönündeki periyotlarda, tuğlalı analizlerde % 47.58,bimsli analizlerde % 52.63 ve gazbetonlu analizlerde % 33.48 ve Y-yönündeki periyotlarda, tuğlalı analizlerde % 42.35,bimsli analizlerde % 48.34 ve gazbetonlu analizlerde % 32.56 oranında bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir.

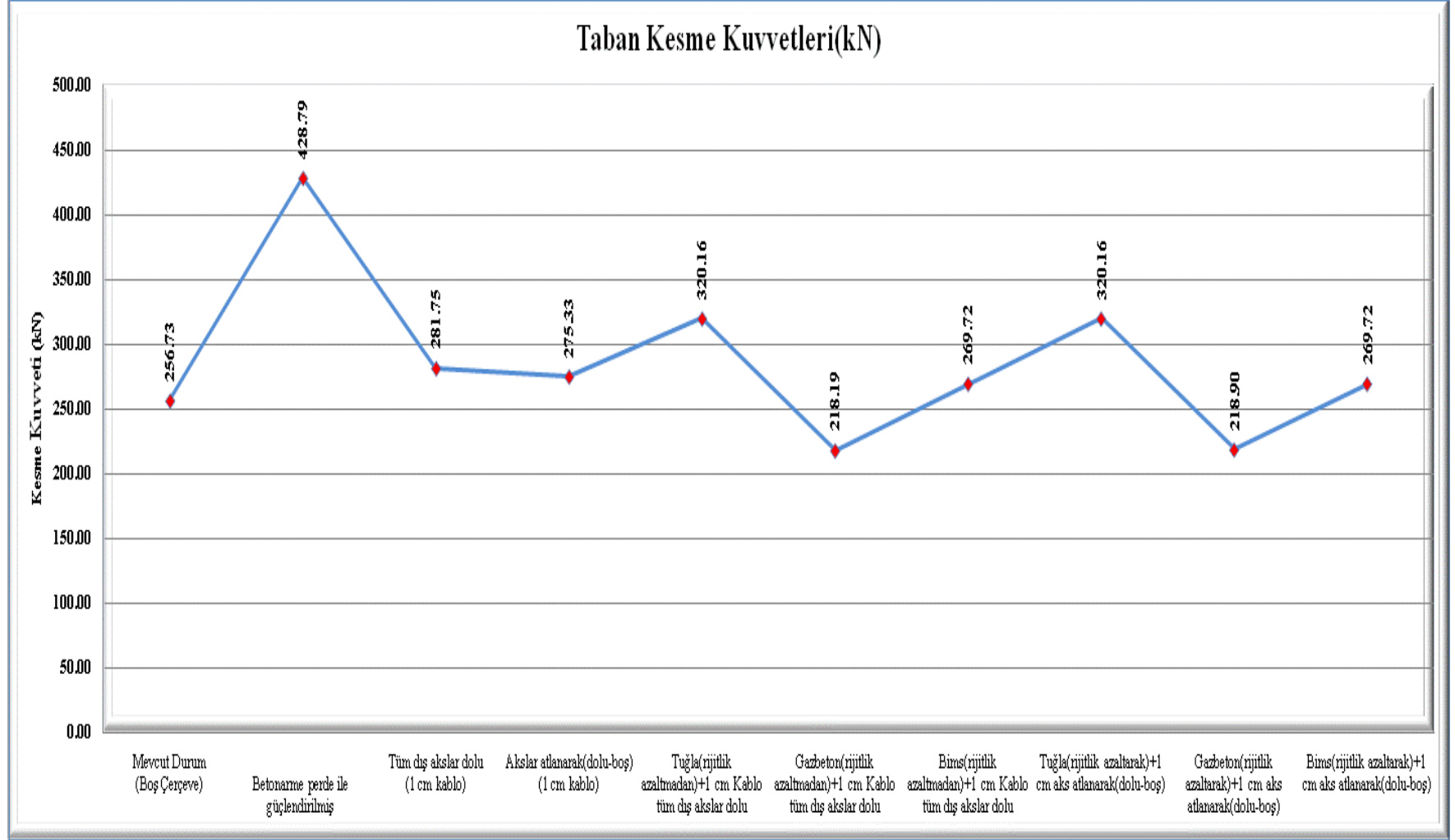
- Dolgu duvarların binaya olan katkısının ihmal edildiği durumlarda (sadece kablolu sistemler) bina periyodunda mevcut binaya (boş çerçeve) göre çok küçük oranlarda bir azalma meydana geldiği ancak dolgu duvarların etkisinin de düşünüldüğü sistemlerde sadece kablolu sistemlere göre minimum 4 ( $32.56/8.20$ ) kat daha bina periyodunda bir iyileştirme meydana getirdiği gözlenmiştir.
- Y-yönündeki periyodun X-yönündekinden büyük olmasının nedeni binanın geometrisinden kaynaklanmaktadır. Y-yönünde bina 7 m, X-yönünde bina 10 m'dir. Kısa yönde periyot değeri daha büyük olmaktadır.
- Dolgu duvarlar ve kablo çapları değiştirilerek denenen iterasyonlar ekte özet tablosu olarak verilmiştir. Tablolara toplu olarak bakıldığında halat çapının artmasıyla binanın periyodunun ve görelî kat ötelenmesinin azaldığı görülmüştür.
- Görelî kat ötelenmesi grafiğinde (Şekil 3.45) perdeli sistemin görelî kat ötelenmesinin perdeli sistemle çerçeve sistemine yatay yük altında deformasyonlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir ifadeyle perdeli sistemler yatay yük altında eğilme deformasyonu gösterirken çerçeve sistemler kayma deformasyonu göstermektedirler. Bundan dolayı perdeli sistemde görelî kat ötelenmesinin grafiği diğer sistemlerden farklılık göstermektedir.

Yukarıda elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde halat çapı ve miktarı artarsa bina daha rijit hale gelmekte, periyot ve görelî kat ötelenmeleri azalmaktadır fikrini vermektedir.





**Şekil 3.48.** Bina periyotlarındaki azalmanın grafiksel gösterim



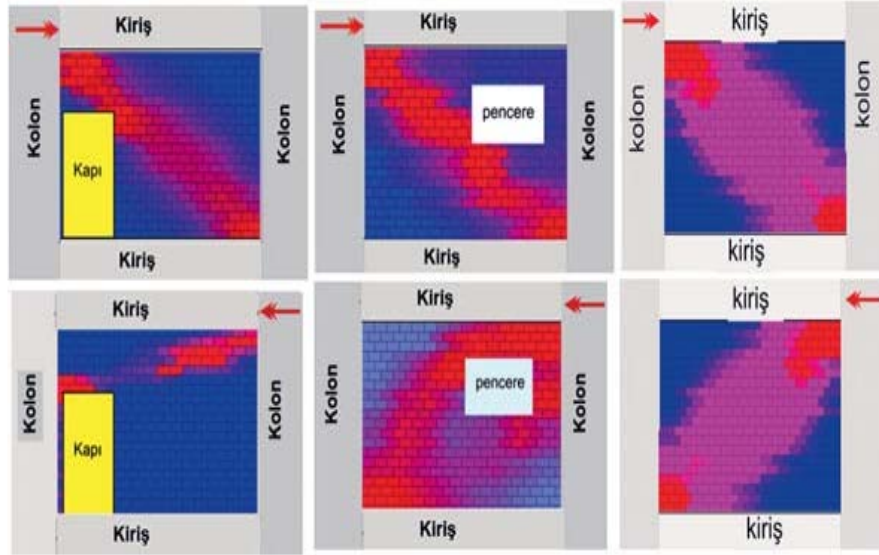
**Şekil 3.49.** Modellere ait taban kesme kuvveti

- **Şekil 3.49** incelendiğinde en az kesme kuvvetinin en hafif olan sistemde yani gazbetonda olduğu, en fazla kesme kuvvetinin ise rijit betonarme perdeli sistemde olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında aşağıda sıralanan önerilere de ulaşılmıştır.

- Binalarda yatay yük taşıyamayacağı varsayılan bütün dolgu duvarlar deprem yükleri karşısında taşıma gücüne ulaşana kadar perde duvar gibi davrandığından dolayı binalar için hayati bir önem taşımaktadır. Ayrıca, optimum bir halat çapı ve halatları en ideal yerleştirme şekliyle binanın deprem performansı artırılabilir. Dolgu duvarlı sistemlerde incelenen en küçük halat çapında bile (1 cm) binanın deprem performansında gözle görülür iyileşmeler olduğu ve dolgu duvarlı çerçevenin diğer çerçevelere göre daha rijit davrandığı tesbit edilmiştir.
- Pencere, kapı vb.boşlukları bulunmayan bir yapı pratikte olmayacağı gibi kapı ve pencere boşlukları çapraz çubukların üzerine rastlamaktadır. Bu nedenle dolgu duvarlarda rijitlik azaltma faktörü olarak nitelendirilen  $\lambda_{\text{grafik}}$  kullanılarak eşdeğer sanal çapraz basınç çubuğun genişliği (w) hesaplanması daha gerçekçi bir yaklaşım olmaktadır.
- Pencere, kapı vb.boşlukların dezavantajlarını gidermek için pencere atlarına kolon ve kirişlere rijit bağlanacak şekilde betonarme hatıllar konulabilir. Betonarme hatıllar sayesinde pencere, kapı vb.boşlukların dolgu duvarda oluşturduğu rijitlik azaltma ile meydana gelen deprem performansındaki kayıp giderilebilmiştir. Bu tez kapsamındaki binada 20 cm x 80 cm hatıllar dolgu duvarları rijitlik azaltmadan önceki deprem performansına ulaştırmıştır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus binaya hatıl koyarak kolonlarda meydana gelecek kısa kolon etkisini gidermek olmalıdır. Bunun için çok basit bir çözüm kolonlardaki etriye sıklaştırmasını tüm kat boyunca uygulamak olmalıdır.
- Ayrıca, çelik halatla güçlendirme yapmadan mevcut binanın dolgu duvarları çok iyi incelenmeli gerekiyorsa dolgu duvarlar takviye edilmeli sonra bina sanki betonarme perde ile güçlendirilmiş gibi düşünülerek betonarme perdelerin yerleri ve miktarı tespit edilmelidir. Daha sonra çelik halatlar sadece betonarme perdelerin bulunacağı yerlere yerleştirilmelidir. Bu şekilde bu çalışmanın da hedeflerinden biri olan binanın deprem performansı en az düğüm noktasıyla (çelik halat ile mevcut betonarme binanın birleşim noktası) artırılmış olmaktadır.

- Bu çalışmada deprem yüklemesi sonucu çoğu eşdeğer diyagonal çubuklarda oluşan aksenal kuvvet değeri, çubuğun taşıyabileceği maksimum kuvvetin üzerindedir. Diğer bir ifade ile doğrusal elastik hesap yönteminde çubukların üzerlerine gelen yükleri sünek bir davranış göstererek taşıdığı kabulü vardır. Oysa ki deprem yüklemesi sırasında eşdeğer çubuk aksenal yük kapasitesini aştıktan sonra plastikleşir. Bu nedenle çelik halatların taşıyıcı sistem davranışına etkilerinin değerlendirilmesinde lineer olmayan hesap yöntemlerinin kullanılmasının daha gerçeğe yakın sonuçlar vereceği düşünülmektedir.
- Mimarı proje aşamasında eşdeğer sanal basınç çubuğunun çalışma prensibini bozmayacak şekilde kapı ve pencerelerin yerleri ayarlanmalıdır (Şekil 3.50).[17]



**Şekil 3.50.** Dolgu duvar içinde kapı ve pencere yerleri

- Deprem yönetmeliğinde dolgu duvarların ağırlık olarak hesaba girmesi gerektiği fakat hesaplamalarda dolgu duvar varlığının daha emliyetli tarafta kalmak için ihmal edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Ancak Dolgu duvarların bina davranışına katkısını dikkate alan hesap metodları, proje aşamasında geliştirilmelidir.
- Tuğla dolgu duvarların örülmesi aşamasında tuğla duvarların boşluklarının eşdeğer sanal basınç çubuğunun doğrultusuna paralel olarak örülmesi binanın

deprem performansını güçlendirmede önemli bir faktör olacağı düşünülmektedir. Ayrıca betonarme karkasın yapılması aşamasında eş değer sanal basınç çubuklarında betonarme olarak inşa edilip kalan boşluklar tuğla vb.malzeme ile doldurulabilir.

- Binalarda hasarlara yıkılmalara neden olan sebepleri en aza indirmek, mümkünse ortadan kaldırmak için yönetmeliklere uygun proje hazırlamak ve projeyi birebir tatbik etmek gerekir. Çelik halatla binanın dıştan güçlendirilmesi deneysel olarak çalışılması gereken bir konu olup, ilgili deneysel çalışmanın yapıp bilgisayar analizlerindeki sonuçlar desteklendikten sonra çelik halatla binanın dıştan güçlendirilmesi yöntemi ilgili deprem yönetmeliklere girebileceği düşünülmektedir.
- Güçlendirme geometrisi X formu dışında başka şekillerde de (baklava, K vb.) denemeli hangi şeklin en iyi performans verdiği araştırılmalıdır.
- Onarım ve güçlendirme yapmadan önce maliyet analizi yaparak, yapıyı yeniden yapmanın ya da güçlendirmenin mi ekonomik olduğu araştırılmalıdır. Harici çelik halatla binaların güçlendirilmesi minimum çevre rahatsızlığı, minimum detay ve eleman hasarı, minimum uygulama süresi, minimum gürültü ve toz, çok fazla hava şartlarından etkilenmemesi ve insanların binayı terk etmemesi gibi sebeplerden dolayı yazar tarafından çelik halatla binaların güçlendirilmesinin daha ekonomik olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, insanların oturdukları binaları terk etmek zorunda kalmaması insanların sosyal yapılarını ve psikolojileri olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.
- Halatların mevcut binaya nasıl ankraj edileceği ayrı bir araştırma konusu olarak çalışılmalıdır.
- Çelik halatların betonarme perdeler kadar ağır olmamasından dolayı mevcut binanın ağırlığı çok fazla artmamakta ve daha az deprem kuvveti binaya etki etmektedir. Ayrıca, temellerin de güçlendirilmesi gereken binalarda ölü ağırlık fazla artmamasından dolayı temeller daha ekonomik şekilde güçlendirilebilecektir.
- Harici çelik halatlarla binaların güçlendirilmesinin dez avantajlarından biri çıkması olan yapılar için uygulanabilir olmamasıdır. Ayrıca mimari açıdan estetik olamaması veya görsel kirliliğe sebep olmasıda dez avantajlar arasında sayılabilir. Ancak, bu dez avantajların yanı sıra Türkiye de çıkması olmayan yapı stoku azımsanmayacak miktardadır. Bu binaların bile çelik halatlarla güçlendirilmesi ülke ekonomisine büyük yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Abou-elfath, H., Ghoborah, A. (2000). Behaviour of reinforced concrete frames rehabilitated with concentric steel bracing. Canadian Journal of Civil Engineering. vol.27, pp.433-444.
- [2] Abou-elfath, H., Ghoborah, A (2001). Rehabilitation of a reinforced concrete frame using eccentric steel bracing. Engineering Structures. vol. 23, pp.745-755.
- [3] ABYYHY, Afet bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. (2007).İMO Yayını, Ankara.
- [4] Altay G., Deodatis G., Franco, G., Gülkan, P.Kunreuther, H., Lus, H., Mete E., Seeber, N. (2002). Benefit cost analysis for earthquake mitigation: evaluating measures for apartment houses in Turkey. Second Annual II ASA-DPRI Meeting. İstanbul.
- [5] Asteris P.G. (2003) “Lateral Stiffness Of Brick Masonry Infilled Plane Frames,” Journal of Structural Engineering, ASCE, 129 (8): 1071-1079.
- [6] Atımtay E., Açıklamalı Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Cilt 1-2, Ankara, 2000.
- [7] Bakırcı Ş., Hareketli Yük Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisinin SAP2000 ile Analizi, Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2003.
- [8] Celep Z., Kumbasar N, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul, 2000.
- [9] Celep Z., Kumbasar N, Betonarme Çok Katlı Yapılar, İstanbul, 2000.
- [10] Çağatay İ.H, Güzelda S. , Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY-98) SAP2000 N Uygulamaları, Adana, 2002.

- [11] Ersoy U. Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi Uygulama ve Araştırmalar. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Ekim 2007 İstanbul.
- [12] FEMA 356, Federal Emergency Management Agency, Washington D.C., 2000.
- [13] Güneysi E.M., Altay G. (2004). Seismic behavior of an r/c frame retrofitted by eccentric steel bracing. Sixth International Congress on Advances in Civil Engineering, 6-8 October 2004 Bogaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- [14] İrtem E., Türker K. Binaların deprem yükleri altındaki lineer olmayan davranışının belirlenmesinde kullanılan statik yöntemlerin karşılaştırılması. Balıkesir Mühendislik Kongresi, 2002 Balıkesir.
- [15] İrtem E., Türker, K., Hasgöl, U. (2005). Dolgu duvarlarının betonarme bina davranışına etkisi. İTÜ Mühendislik Dergisi/d, cilt 4
- [16] Kaplan H., Yılmaz S., Tama Y., Görgülü T., Nohutçu H., Atımtay E. Betonarme binaların dış çelik perde ile güçlendirilmesi: deneysel çalışma. YOGS Konferansı, 2006 Denizli.
- [17] Kaplan S.A. (2008). Dolgu duvarların betonarme taşıyıcı sistem performansına etkisi. Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 452-2008/6.
- [18] Kaltakçı M.Y, Arslan M.H. Taşıyıcı olmayan tuğla dolgu duvarların yapı davranış katsayısına olan etkisinin incelenmesi. Deprem Sempozyumu, Mart 2005, Kocaeli.
- [19] Kawamata S., Ohnuma M. (1981). Strengthening effect of eccentric steel braces to existing reinforced concrete frames. Proceeding of 2nd Seminar on Repair and Retrofit of Structures, Ann Arbor, Michigan, National Science Foundation. pp.262-269.
- [20] Korkmaz A.K. Çelik Çapraz Elemanlarla Güçlendirilen Betonarme Binaların Deprem Davranışlarının İncelenmesi. Doğuş Üniversitesi Dergisi, 8 (2):191-201, 2007.

- [21] Köse M.M, Karşlıoğlu Ö. Dolgu duvarların bina doğal modal periyot ve mod şekline olan etkileri. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Ekim 2007,İstanbul.
- [22] Li, Y. (1996). Non-Linear Time History And Pushover Analyses for Seismic Design and Evaluation. Doktora Tezi, UT, Austin, TX. ABD.
- [23] Maheri M., Sahebi A. (1997). Use of steel bracing in reinforced concrete frames. Engineering Structures, vol. 19, No. 12, pp.1018-1024.
- [24] Mete E. (2000). Seismic evaluation of the retrofitted r/c buildings based on nonlinear static and dynamic analyses. M.S. Thesis, Boğaziçi Üniversitesi.
- [25] Özmen G., Orakdöğen E., Darılmaz K. Örneklerle SAP2000,Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002.
- [26] Prakash V., Powell G., Campbell, S. (1993). Drain 2d kullanım kılavuzu V 1.10. California Üniversitesi. Berkeley, CA, ABD.
- [27] Pincheria J., Jirsa J. (1995). Seismic response of r/c frames retrofited with steel braces, ASCE Journal of Structural Engineering, vol. 5, pp.1224-1230.
- [28] Piroğlu F., Uzgider E. (2005). Mevcut betonarme binaların çelik malzeme ile güçlendirilme yöntemleri. Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 436-2005/2.
- [29] Tuna M.E, Depreme Dayanıklđ Yapı Tasarım İlkeleri, Ankara, 1991.
- [30] TS 500, (2000). Betonarme binaların tasarım ve yapım kuralları. T.S.E, Ankara.
- [31] William A. (2001). Seismic design of connections in concentrically braced frames, Civil Engineering Corporation, Roswell, Georgia, ABD.



**EK-1. Göreli kat ötelenmeleri**

(Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu))

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	5	0.000150	5	0.000150	5	0.000150	4	0.000171	4	0.000171
2	5	0.000142	5	0.000144	4	0.000160	4	0.000160	4	0.000161
3	5	0.000115	1	0.000159	1	0.000160	4	0.000129	1	0.000161
4	5	0.000074	1	0.000100	1	0.000100	4	0.000082	1	0.000100

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	4	0.000171	3	0.000192	3	0.000192	3	0.000192	2	0.000211
2	3	0.000178	3	0.000178	3	0.000179	2	0.000194	2	0.000195
3	1	0.000161	3	0.000143	1	0.000162	1	0.000163	2	0.000155
4	1	0.000100	3	0.000090	1	0.000101	1	0.000101	2	0.000097

Kat	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Mevcut Bina	B.A Perde ile güç.
1	2	0.000211	1.5	0.000218	1.5	0.000218	1	0.000224	0.001041	0.000520
2	2	0.000194	1.5	0.000201	1.5	0.000210	1	0.000206	0.000851	0.000801
3	1	0.000163	1.5	0.000160	1	0.000163	1	0.000164	0.000664	0.000734
4	1	0.000101	1.5	0.000099	1	0.000101	1	0.000101	0.000377	0.000589

**EK-2. Bina periyotları**

(Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu))

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	5	0.23708	0.20956	5	0.24560	0.21823	5	0.24927	0.22193	4	0.25171	0.22272
2	5			5			4					
3	5			1			1					
4	5			1			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	4	0.25479	0.22855	4	0.26110	0.2321	3	0.26615	0.2353	3	0.26948	0.23862
2	4			3			3					
3	1			1			3					
4	1			1			3					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	3	0.27262	0.24164	2	0.27884	0.24601	2	0.28017	0.24732	1.5	0.28389	0.25018
2	2			2			2					
3	1			2			1					
4	1			2			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
							Y	X	Y	X
1	1.5	0.28446	0.25074	1	0.28772	0.25332	0.52466	0.50373	0.38842	0.37316
2	1.5			1						
3	1			1						
4	1			1						

**EK-3. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler**

(Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu))

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
1	5	6183.96	4156.50	5	6895.28	4341.11	5	6633.80	4182.64	4	5673.92	4120.06
2	5			4								
3	5			1								
4	5			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
1	4	5228.79	3417.78	4	6492.50	4628.64	3	8437.60	5641.62	3	6616.29	4378.86
2	4			3								
3	1			1								
4	1			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
1	3	7317.24	4878.70	2	8324.75	5565.47	2	5623.76	4056.00	1.5	5601.76	462.38
2	2			2								
3	1			1								
4	1			2								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
							M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
1	1.5	5627.17	4070.80	1	5589.41	4052.60	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
2	1.5			5948.42			4282.19	93106.77	56988.96	
3	1									
4	1									

**EK-4. Göreli kat ötelenmeleri**

(Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş))

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	5	0.000182	5	0.000181	5	0.000182	4	0.000196	4	0.000196
2	5	0.000171	5	0.000171	4	0.000182	4	0.000182	4	0.000183
3	5	0.000138	1	0.000163	1	0.000163	4	0.000146	1	0.000164
4	5	0.000088	1	0.000102	1	0.000102	4	0.000092	1	0.000102

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	4	0.000196	3	0.000209	3	0.000209	3	0.000209	2	0.000219
2	3	0.000193	3	0.000193	3	0.000194	2	0.000202	2	0.000202
3	1	0.000164	3	0.000154	1	0.000164	1	0.000165	2	0.000161
4	1	0.000102	3	0.000096	1	0.000102	1	0.000102	2	0.000100

Kat	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Mevcut Bina	B.A Perde ile güç.
1	2	0.000219	1.5	0.000223	1.5	0.000224	1	0.000226	0.001041	0.000520
2	2	0.000202	1.5	0.000206	1.5	0.000206	1	0.000208	0.000851	0.000801
3	1	0.000165	1.5	0.000163	1	0.000165	1	0.000165	0.000664	0.000734
4	1	0.000102	1.5	0.000101	1	0.000102	1	0.000102	0.000377	0.000589

**EK-5. Bina periyotları**

(Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş))

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	5	0.26054	0.22992	5	0.26434	0.23404	5	0.26656	0.23636	4	0.26947	0.23789
2	5			5			4					
3	5			1			1					
4	5			1			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	4	0.27216	0.24074	4	0.27421	0.24278	3	0.27779	0.24506	3	0.27940	0.24671
2	4			3			3					
3	1			1			3					
4	1			1			3					
Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	3	0.28108	0.24834	2	0.28470	0.25084	2	0.28536	0.25150	1.5	0.28734	0.25301
2	2			2			2					
3	1			2			1					
4	1			2			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
1	1.5	0.28763	0.25329	1	0.28931	0.25461	Y	X	Y	X
2	1.5			1			0.52466	0.50373	0.38842	0.37316
3	1			1						
4	1			1						

**EK-6. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler**

(Sola yatık tuğla (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks Atlanarak (Dolu-Boş))

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	5	7923.90	5294.88	5	5758.09	3680.62	5	6024.23	3890.49	4	6409.09	4279.71
2	5			4								
3	5			1								
4	5			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	4	5323.63	3426.19	4	5404.15	3593.48	3	5030.33	3486.23	3	5453.18	3637.98
2	4			3								
3	1			1								
4	1			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	3	7116.39	4750.79	2	5641.03	4094.75	2	5597.09	3737.09	1.5	5709.94	4141.44
2	2			2								
3	1			1								
4	1			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
							M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	1.5	8423.96	5625.05	1	8408.43	5618.36	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
2	1.5			5948.42			4282.19	93106.77	56988.96	
3	1									
4	1									

**EK-7. Göreli kat ötelenmeleri**

Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu)

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	5	0.000182	5	0.000182	5	0.000183	4	0.000226	4	0.000226
2	5	0.000167	5	0.000172	4	0.000205	4	0.000203	4	0.000208
3	5	0.000143	1	0.000259	1	0.000263	4	0.000171	1	0.000263
4	5	0.000102	1	0.000185	1	0.000185	4	0.000120	1	0.000185

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	4	0.000228	3	0.000279	3	0.000279	3	0.000282	2	0.000337
2	3	0.000246	3	0.000246	3	0.000250	2	0.000288	2	0.000291
3	1	0.000266	3	0.000206	1	0.000266	1	0.000270	2	0.000243
4	1	0.000185	3	0.000142	1	0.000185	1	0.000185	2	0.000166

Kat	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Mevcut Bina	B.A Perde ile güç.
1	2	0.000337	1.5	0.000363	1.5	0.000363	1	0.000385	0.001041	0.000520
2	2	0.000293	1.5	0.000312	1.5	0.000313	1	0.000329	0.000851	0.000801
3	1	0.000270	1.5	0.000260	1	0.000272	1	0.000274	0.000664	0.000734
4	1	0.000185	1.5	0.000177	1	0.000186	1	0.000186	0.000377	0.000589

**EK-8. Bina periyotları**

Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu)

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	5	0.24302	0.22478	5	0.26483	0.24925	5	0.27057	0.25542	4	0.26579	0.24854
2	5			5			4					
3	5			1			1					
4	5			1			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	4	0.28137	0.26585	4	0.28776	0.27266	3	0.29086	0.27449	3	0.30033	0.28489
2	4			3			3					
3	1			1			3					
4	1			1			3					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	3	0.30664	0.29152	2	0.31559	0.29987	2	0.31959	0.30419	1.5	0.32629	0.31078
2	2			2			2					
3	1			2			1					
4	1			2			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
							Y	X	Y	X
1	1.5	0.32804	0.31266	1	0.33480	0.31943	0.52466	0.50373	0.38842	0.37316
2	1.5			1						
3	1			1						
4	1			1						



**EK-9.** Binada oluşan maksimum iç kuvvetler

Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu)

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	5	7382.97	5318.85	5	9844.04	6802.71	5	8982.43	6242.68	4	7584.63	5459.26
2	5			4								
3	5			1								
4	5			1								
Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	4	9250.14	6454.65	4	9245.50	6501.25	3	10961.45	7225.71	3	8899.71	6279.92
2	4			3								
3	1			1								
4	1			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	3	8642.99	6148.13	2	10177.70	6705.95	2	8507.30	6067.62	1.5	8072.43	5802.22
2	2			2								
3	1			2								
4	1			2								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
							M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	1.5	10897.97	7158.77	1	8083.19	5808.92				
2	1.5			1			5948.42	4282.19	93106.77	56988.96
3	1			1						
4	1			1						

**EK-10. Göreli kat ötelenmeleri**

Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş))

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	5	0.000253	5	0.000252	5	0.000253	4	0.000291	4	0.000290
2	5	0.000228	5	0.000230	4	0.000257	4	0.000257	4	0.000260
3	5	0.000194	1	0.000270	1	0.000273	4	0.000217	1	0.000273
4	5	0.000138	1	0.000189	1	0.000189	4	0.000151	1	0.000189
Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	4	0.000292	3	0.000331	3	0.000331	3	0.000332	2	0.000386
2	3	0.000286	3	0.000287	3	0.000290	2	0.000313	2	0.000316
3	1	0.000275	3	0.000240	1	0.000275	1	0.000278	2	0.000263
4	1	0.000189	3	0.000165	1	0.000189	1	0.000189	2	0.000179

Kat	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Mevcut Bina	B.A Perde ile güç.
1	2	0.000368	1.5	0.000383	1.5	0.000383	1	0.000395	0.001041	0.000520
2	2	0.000317	1.5	0.000327	1.5	0.000327	1	0.000336	0.000851	0.000801
3	1	0.000278	1.5	0.000272	1	0.000279	1	0.000280	0.000664	0.000734
4	1	0.000189	1.5	0.000185	1	0.000189	1	0.000190	0.000377	0.000589

**EK-11. Bina periyotları**

Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş))

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	5	0.28251	0.26367	5	0.29293	0.27651	5	0.29700	0.28107	4	0.29805	0.28069
2	5			5			4					
3	5			1			1					
4	5			1			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	4	0.30569	0.28970	4	0.30978	0.29424	3	0.31389	0.29764	3	0.31846	0.30306
2	4			3			3					
3	1			1			3					
4	1			1			3					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	3	0.32228	0.30696	2	0.32821	0.31261	2	0.33023	0.31485	1.5	0.33401	0.31858
2	2			2			2					
3	1			2			1					
4	1			2			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
1	1.5	0.33490	0.31955	1	0.33846	0.32313	Y	X	Y	X
2	1.5			1			0.52466	0.50373	0.38842	0.37316
3	1			1						
4	1			1						

**EK-12. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler**

Sola yatık gazbeton (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş))

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	5	7948.86	5719.99	5	8033.73	5016.64	5	10074.46	6516.76	4	8037.32	5781.00
2	5			4								
3	5			1								
4	5			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	4	7569.15	4753.38	4	10401.83	6782.28	3	10831.45	7136.93	3	6551.59	4661.71
2	4			3								
3	1			1								
4	1			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	3	6551.59	4661.71	2	7631.53	5486.07	2	6608.54	4347.58	1.5	8068.83	5798.99
2	2			2								
3	1			1								
4	1			2								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
							M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	1.5	7998.79	5737.57	1	8083.82	5809.05	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
2	1.5			5948.42			4282.19	93106.77	56988.96	
3	1									
4	1									

**EK-13. Göreli kat ötelenmeleri**

Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu)

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	5	0.000130	5	0.000130	5	0.000130	4	0.000148	4	0.000147
2	5	0.000119	5	0.000120	4	0.000132	4	0.000132	4	0.000133
3	5	0.000099	1	0.000132	1	0.000133	4	0.000110	1	0.000133
4	5	0.000069	1	0.000090	1	0.000090	4	0.000075	1	0.000090

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	4	0.000148	3	0.000165	3	0.000165	3	0.000166	2	0.000181
2	3	0.000145	3	0.000146	3	0.000146	2	0.000157	2	0.000158
3	1	0.000134	3	0.000120	1	0.000134	1	0.000135	2	0.000129
4	1	0.000090	3	0.000082	1	0.000091	1	0.000091	2	0.000087

Kat	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Mevcut Bina	B.A Perde ile güç.
1	2	0.000181	1.5	0.000187	1.5	0.000187	1	0.000192	0.001041	0.000520
2	2	0.000157	1.5	0.000162	1.5	0.000162	1	0.000165	0.000851	0.000801
3	1	0.000135	1.5	0.000133	1	0.000135	1	0.000136	0.000664	0.000734
4	1	0.000091	1.5	0.000089	1	0.000091	1	0.000091	0.000377	0.000589

**EK-14. Bina periyotları**

Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu)

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	5	0.21643	0.19171	5	0.22419	0.19919	5	0.22721	0.20213	4	0.22865	0.20350
2	5			5			4					
3	5			1			1					
4	5			1			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	4	0.23390	0.20803	4	0.23683	0.21081	3	0.24054	0.2138	3	0.24355	0.21661
2	4			3			3					
3	1			1			3					
4	1			1			3					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	3	0.24607	0.21893	2	0.25084	0.22287	2	0.25204	0.22397	1.5	0.25491	0.22638
2	2			2			2					
3	1			2			1					
4	1			2			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
							Y	X	Y	X
1	1.5	0.25542	0.22685	1	0.25798	0.22902	0.52466	0.50373	0.38842	0.37316
2	1.5			1						
3	1			1						
4	1			1						

**EK-15. Binada oluşan maksimum iç kuvvetler**

Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Tüm dış akslar kablolu)

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
1	5	6319.29	4578.87	5	8038.24	5647.18	5	8515.93	5545.24	4	8619.67	5722.17
2	5			4								
3	5			1								
4	5			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
1	4	6626.92	4220.91	4	8721.64	5730.40	3	8998.65	5969.52	3	6254.67	4404.77
2	4			3								
3	1			1								
4	1			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
1	3	6458.39	4639.76	2	9504.85	6340.68	2	8153.26	5433.23	1.5	8828.03	5884.48
2	2			2								
3	1			2								
4	1			2								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
							M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
1	1.5	8583.91	5710.20	1	5985.62	4334.12	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak.</sub> (kN)
2	1.5			5948.42			4282.19	93106.77	56988.96	
3	1									
4	1									

**EK-16. Göreli kat ötelenmeleri**

Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş))

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	5	0.000157	5	0.000194	5	0.000157	4	0.000169	4	0.000168
2	5	0.000140	5	0.000167	4	0.000148	4	0.000149	4	0.000149
3	5	0.000116	1	0.000137	1	0.000135	4	0.000123	1	0.000136
4	5	0.000080	1	0.000092	1	0.000091	4	0.000084	1	0.000091

Kat	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)
1	4	0.000169	3	0.000179	3	0.000179	3	0.000180	2	0.000188
2	3	0.000156	3	0.000157	3	0.000157	2	0.000162	2	0.000163
3	1	0.000136	3	0.000129	1	0.000136	1	0.000136	2	0.000133
4	1	0.000091	3	0.000087	1	0.000092	1	0.000092	2	0.000090

Kat	Ötelenme (m)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Halat Çapı (cm)	Ötelenme (m)	Mevcut Bina	B.A Perde ile güç.
1	2	0.000179	1.5	0.000112	1.5	0.000192	1	0.000194	0.001041	0.000520
2	2	0.000157	1.5	0.000165	1.5	0.000166	1	0.000167	0.000851	0.000801
3	1	0.000136	1.5	0.000135	1	0.000137	1	0.000137	0.000664	0.000734
4	1	0.000092	1.5	0.000091	1	0.000092	1	0.000092	0.000377	0.000589



**EK-17. Bina periyotları**

Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş))

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	5	0.23595	0.20919	5	0.23943	0.21274	5	0.24123	0.21451	4	0.24325	0.21599
2	5			5			4					
3	5			1			1					
4	5			1			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	4	0.24570	0.21841	4	0.24735	0.21997	3	0.25000	0.22207	3	0.25145	0.22346
2	4			3			3					
3	1			1			3					
4	1			1			3					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X
1	3	0.25280	0.22470	2	0.25555	0.22694	2	0.25145	0.22346	1.5	0.25767	0.22876
2	2			2			2					
3	1			2			1					
4	1			2			1					

Kat	Halat Çapı (cm)	Y	X	Halat Çapı (cm)	Y	X	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.		
1	1.5	0.25793	0.22900	1	0.25925	0.23011	Y	X	Y	X	
2	1.5			1			1	0.52466	0.50373	0.38842	0.37316
3	1			1			1				
4	1			1			1				

**EK-18.** Binada oluşan maksimum iç kuvvetler

Sola yatık bims (Rijitlik azaltarak) sanal çapraz+Sağa yatık kablo (Aks atlanarak (Dolu-Boş))

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	5	5726.23	3829.57	5	6186.48	3936.06	5	5109.04	3634.05	4	7664.51	5066.17
2	5			4								
3	5			1								
4	5			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	4	6588.18	4175.92	4	5443.38	3588.36	3	8879.08	5861.38	3	5873.51	3911.68
2	4			3								
3	1			1								
4	1			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	3	5827.05	3911.68	2	6560.20	4749.31	2	5873.51	3911.68	1.5	6432.35	4655.98
2	2			2								
3	1			1								
4	1			1								

Kat	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Halat Çapı (cm)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	Mevcut Bina		B.A.Perde ile Güç.	
							M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
1	1.5	5708.08	3912.21	1	9050.01	6019.18	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)	M <sub>mak.</sub> (kN-m)	V <sub>mak</sub> (kN)
2	1.5			5948.42			4282.19	93106.77	56988.96	
3	1									
4	1									